В. ПЕТРОВ • ИСКУССТВЕННЫЙ СПУТНИК ЗЕМЛИ





В. Петров

ИСКУССТВЕННЫЙ СПУТНИК ЗЕМЛИ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

В. ПЕТРОВ

ИСКУССТВЕННЫЙ СПУТНИК ЗЕМЛИ

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
Москва — 1958

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

В книге, написанной на основе отечественных и иностранных источников, рассказывается о создании и запуске в СССР первых в мире искусственных спутников Земли (ИСЗ), о теоретических вопросах, которые необходимо было разрешить при этом.

В ней последовательно излагаются этапы освоения космоса, начиная с осуществления необитаемого и неавтоматизированного искусственного спутника Земли и кончая изложением вопросов создания межпланетных станций и космических кораблей.

Дается краткий перечень задач, которые будут решаться ИСЗ и космическими станциями.

Приведено описание нескольких проектов искусственных спутников Земли, космических ракет и межпланетных станций.

Рассмотрены принципы управления и астроориентировки ИСЗ во время его полета по орбите. Дано описание ряда важнейших приборов, установленных на спутнике.

Книга рассчитана на воинов Советской Армии, Авиации и Флота, поэтому в ней уделено внимание описанию военного значения ИСЗ и межпланетных станций.

В целом автор стремился не перегружать книгу техническими подробностями и излагал материал в возможно более популярной и доступной для широкого читателя форме.

ВВЕДЕНИЕ

В результате большой напряженной работы научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро в нашей стране созданы первые в мире искусственные спутники Земли. 4 октября 1957 года в СССР был произведен успешный запуск первого спутника. Он описывал при максимальной высоте до 950 километров эллиптические траектории вокруг Земли со скоростью около 8000 метров в секунду (28 тысяч 800 километров в час), совершая в начальный период полный оборот за 1 час 36,2 минуты. Спутник имел форму шара диаметром 58 сантиметров и весом 83,6 килограмма.

Весь мир следил за полетом первого искусственного спутника Земли. Сообщения о визуальных и радиотехнических наблюдениях поступали из множества пунктов Советского Союза и из различных стран. Дальности, на которых принимались радиосигналы спутника, значительно превзошли ожидаемые. В отдельных случаях дальность наблюдения на частоте 20 мегагерц (длина волны 15 метров) достигала 10 тысяч километров. Это свидетельствует о том, что материалы наблюдений помогут существенно уточнить научные данные, связанные с вопросами распространения радиоволн и строения ионосферы.

Наблюдения производились не только за спутником, но также и за ракетой-носителем, с помощью которой спутник был выведен на орбиту. Ракета-носитель в течение длительного времени также вращалась вокруг Земли примерно на тех же высотах на расстоянии около тысячи километров от спутника. Расстояние между ними вследствие разности периодов обращения в дальнейшем изменилось. Данные наблюдений ракеты-носителя первого

искусственного спутника Земли позволили установить, что она в конце суток 30 ноября 1957 г. начала заметно уменьшать период обращения и снижаться. Особенно интенсивное снижение ее происходило 1 декабря по трассе, проходящей через район города Иркутска, Чукотский полуостров и Аляску и далее вдоль западного побережья Америки.

При прохождении по этой трассе ракета-носитель первого спутника начала входить в плотные слои атмосферы, сгорать и разрушаться. По имеющимся данным, остатки ракеты-носителя упали на территории Аляски и западного побережья Северной Америки.

Всего ракета-носитель первого спутника, имея начальный период обращения 96,2 минуты и высоту апогея порядка 900 км, просуществовала как спутник Земли около 58 дней, пролетев за это время расстояние порядка 39 млн. километров. За полетом ракеты-носителя и искусственного спутника наблюдало большое количество научных станций, астрономов и радиолюбителей.

Непрерывно велась обработка накапливающегося материала наблюдений и специальных измерений. Публикуемые прогнозы прохождения спутника помогали наблюдателям следить за ним. В поступающих сообщениях отмечалось хорошее соответствие истинных времен прохождения и их предвычисленных значений. Так, наблюдатели из штата Аризона (США) визуально наблюдали его прохождение точно по расписанию. В это же время были ими приняты и радиосигналы со спутника. Передача сигналов со спутника через некоторое время прекратилась вследствие израсходования ресурса источников питания. После прекращения передачи сигналов со спутника наблюдения длительное время продолжались с помощью оптических средств и радиолокационных станций.

Задачи, поставленные программой работ по запуску первого искусственного спутника Земли, рассчитанные на определение параметров орбиты с помощью массовых наблюдений радиопеленгаторными станциями и радиолюбителями, выполнены. Первый искусственный спутник Земли просуществовал 92 дня, совершил 1400 оборотов вокруг Земли, пролетел за это время расстояние около 60 млн. километров. 4 января 1958 года он вошел в плотные слои атмосферы и прекратил свое существование.

В Советском Союзе 3 ноября 1957 года был произведен запуск второго искусственного спутника Земли. Он представляет собой последнюю ступень ракеты-носителя с расположенными в ней контейнерами с научной аппаратурой. Общий вес научной аппаратуры, подопытного животного и источников электропитания этого спутника составляет 508 килограммов 300 граммов. Максимальное удаление второго спутника от поверхности Земли составляло около 1700 километров. Спутник получил орбитальную скорость около 8000 метров в секунду. Время одного полного оборота спутника составляло около 1 часа 42 минут; угол наклона орбиты к плоскости экватора равен примерно 65 градусам.

Успешным запуском второго искусственного спутника Земли с разнообразной научной аппаратурой и подопытным животным советские ученые расширили исследования космического пространства и верхних слоев атмосферы. Неизведанные процессы явлений природы, происходящие в космосе, будут становиться теперь более доступными человеку.

Запуск первых искусственных спутников Земли — это великий триумф передовой советской науки.

Новые победы творческой мысли наших ученых и специалистов являются закономерным звеном в цепи крупнейших достижений советской науки и техники. Советские деятели науки на многочисленных примерах доказали свое умение решать важнейшие научно-технические задачи в кратчайшие сроки.

В Советском Союзе, как известно, с 1954 года работает первая в мире атомная электростанция и в настоящее время ведется строительство новых атомных электростанций. У нас построен самый мощный в мире ускоритель частиц — синхрофазотрон. В СССР был осуществлен запуск сверхдальней, межконтинентальной, многоступенчатой баллистической ракеты, летающей на больших высотах и способной выходить точно в заданный район земного шара. Наши ученые, инженеры, техники, рабочие создали самое современное вооружение. Советский Союз располагает не только межконтинентальными баллистическими ракетами. Он имеет ракеты разных систем для разного назначения, наши ракеты приспособлены для оснащения их атомными и водородными

зарядами. Таким образом, в этом вопросе мы доказали свое превосходство.

Ныне запуском искусственных спутников Земли, являющимся практическим осуществлением одной из идей выдающегося советского ученого К. Э. Циолковского, открывается первое окно в космос, в мировое пространство, что еще недавно казалось если не фантастикой, то по крайней мере делом далекого будущего.

Успешным запуском первых, созданных человеком спутников Земли вносится крупнейший вклад в сокровищницу мировой науки и культуры. Можно без преувеличения сказать, что с запуском искусственного спутника Земли начинается новый этап в развитии науки и техники, характеризующийся победой человека над могущественными силами земного тяготения, новая эпоха в развитии наших знаний о Земле и ее атмосфере, о космическом пространстве.

Крупнейшее событие в науке, каким является совершенный в нашей стране запуск искусственных спутников Земли, вызвало живейший интерес во всем мире. Советские люди с огромным удовлетворением отмечают это новое очередное достижение нашей науки, техники и социалистической индустрии, достигшей такой степени зрелости, при которой ей под силу решать сложнейшие технические проблемы.

Всюду это событие расценивается как крупнейшее достижение советских ученых, открывающее новую эпоху в области науки. Многие зарубежные ученые и органы печати подчеркивают, что советские ученые в мирном соревновании опередили США.

Как сообщило агентство Ассошиэйтед Пресс из Вашингтона, председатель американского Национального комитета по проведению Международного геофизического года д-р Джозеф Каплан сделал следующее заявление по поводу успешного запуска Советским Союзом искусственных спутников Земли:

«Я поражен тем, что им удалось сделать за такой короткий срок, какой они имели в своем распоряжении, который нисколько не больше срока, имевшегося в нашем распоряжении. Мне кажется, что это замечательное достижение. С точки зрения международного сотрудничества факт запуска искусственных спутников Земли имеет большое значение. Они сделали это, и сделали это

первыми. Я надеюсь, что они дадут нам достаточно сведений с тем, чтобы наши группы, наблюдающие за искусственными спутниками, могли узнать полезные научные данные».

Касаясь сообщения о том, что уже первый советский спутник Земли имел вес 83,6 кг, что, по высказываниям американской печати, во много раз превосходит вес спутника США, а вес второго советского спутника 508,3 кг, д-р Каплан сказал:

«Это нечто фантастическое, и если они могли запустить такие спутники, они смогут запустить и более тяжелые спутники».

Профессор радиоастрономии Манчестерского университета д-р А. Лавелл, работающий также директором научно-исследовательской станции «Джодрелл бэнк» в графстве Чешир, заявил, что запуск Советским Союзом спутников является «замечательным достижением и свидетельствует о высокой степени технического прогресса, достигнутого в этой стране». Проф. Лавелл подчеркнул, что советские ученые далеко обогнали ученых Англии и Соединенных Штатов. В деле запуска спутников Земли, сказал он, русские обогнали американцев. «Насколько нам известно, Соединенные Штаты не будут в состоянии запустить искусственный спутник Земли ранее 1958 года».

«Русские, — продолжал проф. Лавелл, — намного опередили также нас, английских ученых».

Научный обозреватель влиятельной воскресной газеты «Обсервер» Джон Дэви пишет: «Западные ученые чувствовали себя несколько ошеломленными русскими достижениями». Самой примечательной особенностью спутников, указывает Дэви, является их вес, который, судя по сообщениям, во много раз превышает вес американского спутника. Автор придает этому факту особое значение, поскольку для запуска таких больших спутников требуется «действительно колоссальная ракета», а у американских инженеров, по словам Дэви, «возникли трудности при создании надежно работающего снаряда для запуска спутника даже малых размеров». Дэви отмечает также, что советские ученые запустили спутники на «полярную», т. е. идущую с севера на юг, орбиту, что требует для запуска больших мощностей и поэтому является наиболее трудным для осуществления, но представляет

большую научную ценность, поскольку, двигаясь по этой орбите, спутники проходят над большинством континентов. Указывая, что американские ученые планировали запуск своего спутника по более легкой, «экваториальной» орбите, Дэви на основе сопоставления данных советских спутников с американским приходит к выводу, что «превосходство русских в области ракетной техники должно быть даже большим, чем предполагалось».

Видный специалист в области управляемых снарядов и оптической физики Е. П. Мартц-младший, как сообщает агентство Ассошиэйтед Пресс, без лишних обиняков заявил: «Мы слышим исходящую из нашей страны шумную пропаганду на весь мир о наших планах задолго до того, как мы готовы к фактическому запуску. Советы мало хвастались заранее, если они вообще хвастались, и тем не менее они запустили большие по размерам и более тяжелые спутники, чем наш спутник».

Эта же мысль о вреде хвастовства красной нитью проходит в рассуждениях вашингтонского корреспондента агентства Юнайтед Пресс. «90 процентов разговоров об искусственных спутниках Земли приходилось на долю США, — резонно замечает он. — Как оказалось, 100 процентов дела пришлось на долю России».

Таких высказываний много.

Н. С. Хрущев говорил, что миллионы друзей во всех частях света искренне радуются и восторженно приветствуют величайший подвиг деятелей советской науки и техники, рабочих нашей промышленности. В то же время у врагов социализма эта победа Советского Союза вызвала страх и растерянность: они убедились в том, на какой высокий уровень СССР поднял свою науку и технику, свою промышленность, если он смог успешно разрешить столь сложные научные и технические проблемы.

В свое время Соединенные Штаты Америки объявили о том, что они готовятся запустить искусственный спутник Земли, назвав его «Авангардом». Не как-нибудь иначе, а именно «Авангардом»! Мы также сообщили о том, что собираемся запустить искусственный спутник Земли. Теперь все видят, что творческие усилия советской науки и техники увенчались успехом. После появления маленькой «советской луны» некоторые государственные деятели США заявили, что они и не думали вступать в соревнование с Советским Союзом по созданию

искусственного спутника. Так говорят они теперь, когда наши спутники летают вокруг земного шара! Видимо, название «Авангард» отражало уверенность американцев, что их спутник будет первым в мире. Но жизнь показала, что впереди, в авангарде, оказались советские спутники. Американский искусственный спутник «Исследователь» («Эксплорер») запущен 31 января 1958 года на видоизмененной экспериментальной ракете средней дальности действия «Юпитер-С». Газета «Монд» пишет о запуске американского искусственного спутника Земли, что «этот успех американцев не является сенсационным... поскольку дорогу в мировое пространство проложили русские. Вес каждого из их спутников не идет ни в какое сравнение с более чем скромным весом их американского соперника». Представитель Управления баллистических снарядов в США ученый Вернер фон Браун сказал, что Соединенным Штатам потребуется 5 лет, чтобы догнать Советский Союз в области ракет и спутников. «Нужно помнить, — указал фон Браун, — что полезный груз второго (советского. — *Ред.*) спутника — 1 126 фунтов. То, что мы вывели сейчас на орбиту, может соперничать с этим спутником только по духу».

Советский Союз первым создал межконтинентальную ракету, значит здесь наш приоритет, и это дает нам возможность совершенствовать создание ракет, опережать США в этом деле, накапливать необходимые запасы ракет, если мы не договоримся о разоружении.

Тот факт, что Советский Союз первым запустил искусственный спутник Земли, а через месяц запустил и второй, говорит о многом. Если будет нужно, мы можем запустить большое количество спутников. Для этого надо в межконтинентальных баллистических ракетах переменить только головку, вместо водородного заряда поставить соответствующую аппаратуру и пустить такое сооружение с этой аппаратурой. Вот и спутник.

Деятели советской науки и техники, рабочие нашей промышленности, которые вложили свой гений и творческий труд в создание первых искусственных спутников Земли, заслужили всенародный почет и сердечную признательность всех, кому дорого дело прогресса и процветания науки.

Сбываются вещие слова великого советского ученого К. Э. Циолковского, который, раскрывая в одной из

своих последних статей будущее авиационной и ракетной техники, писал: «В одном я твердо уверен — первенство будет принадлежать Советскому Союзу». Искусственные спутники Земли проложат дорогу к межпланетным путешествиям, и, по-видимому, нашим современникам суждено быть свидетелями того, как освобожденный и сознательный труд людей нового, социалистического общества делает реальностью самые дерзновенные мечты человечества.

Среди различных проблем, издавна волновавших человеческий ум, завоевание космоса является древнейшей мечтой.

Успешный полет человека в мировое пространство позволил бы познать многое из еще не познанного, позволил бы уточнить наши знания в ряде вопросов, пока носящие характер научных предположений.

Эта мечта, вспыхнувшая с новой силой, как только человек сумел подняться в воздух, оставалась прекрасной сказкой, ибо даже научно разработанные идеи полета в космос не могли быть решены из-за невозможности технического осуществления этой сложной проблемы.

Теоретическую основу космического полета разработал и научно обосновал наш выдающийся ученый соотечественник Константин Эдуардович Циолковский. Его труды, написанные в прошлом, не потеряли своего научного значения и в настоящее время, а его идеи, успешно осуществляющиеся, служат прочным фундаментом при разработке межпланетных полетов недалекого будущего.

Уже VII Международный конгресс по астронавтике, состоявшийся в октябре 1956 г. в Риме, с уверенностью отметил, что еще до конца этого века человек вступит на Луну, что этому событию будут предшествовать многочисленные опыты по запуску так называемых искусственных спутников Земли (ИСЗ), а первоначальный их запуск состоится в очередном Международном геофизическом году, который начался с 1 июля 1957 г. и продлится до 31 декабря 1958 г.

Громадная программа изучения Земли, в реализации которой принимают участие большие коллективы ученых многих стран мира, будет выполняться в течение этого геофизического года длительностью 18 месяцев. Цикл наблюдений, исследований и практических опытов, согласованно производимый по всему земному шару

на основе современных научных достижений, включает в себя и запуск искусственных спутников Земли. Первые искусственные спутники Земли были заброшены с помощью ракет на различные расстояния от нашей планеты и при помощи автоматически действующих приборов передали наземным наблюдательным станциям ценнейшие научные данные, необходимые как для изучения нашей планеты, так и мирового пространства.

Запуск первых искусственных спутников Земли потребовал громадных подготовительных мероприятий и коллективного труда многих ученых различных отраслей науки и техники.

Для того чтобы преодолеть силу земного притяжения и вывести ИСЗ на его орбиту, ракета-носитель должна была обладать скоростью полета не менее 7,9 км в секунду, иметь большое количество топлива и сложную систему управления полетом.

В настоящей книге поставлена задача — рассказать о путях, которыми шли ученые при разрешении проблемы овладения космосом, показать трудности, которые при этом пришлось и предстоит еще преодолеть, и основные задачи, которые будут решаться искусственными спутниками Земли в космосе.

Мы попытаемся проследить также этапы решения данной проблемы, рассмотреть предпосылки, необходимые для их осуществления, и, наконец, заглянуть в недалекое будущее.

Однако эта книга имеет и другую цель.

Величайшие открытия человечества в капиталистическом мире прежде всего используются в военных целях. Как только человек освоил воздушное пространство, появились всевозможные виды боевых летательных аппаратов. Одно из величайших открытий современности — расщепление атомного ядра — привело сразу же к созданию атомной, а затем и водородной бомбы.

Еще не освоен космос, мы еще только увидели в пространстве блеск первых в мире искусственных спутников Земли, запущенных в космос, а военные деятели некоторых капиталистических стран вместе с учеными всерьез обсуждают вопрос о том, как можно использовать освоение космоса и межпланетную станцию будущего в военных целях и какое влияние это окажет на даль-

нейшее изменение способов и форм ведения боевых действий войск.

Сейчас в США разжигается настоящий военный психоз. Реакционные силы монополистических кругов США истолковали факт запуска спутника в Советском Союзе как военную угрозу против США. Под шум о военной угрозе со стороны Советского Союза в США хотят повысить налоги, взвалить на плечи народа новые тяготы, еще больше развить военную промышленность, чтобы побольше получать прибылей. Сейчас в США дошли до того, что стали разговаривать языком Гитлера и Геринга: «Меньше масла, больше пушек».

Советский Союз не угрожает США, мы хотим не только жить с американским народом в мире, но и в дружбе. Но империалисты бряцают оружием. Поэтому мы вынуждены, со своей стороны, держать наши Вооруженные Силы наготове, чтобы они могли отразить агрессию.

В этих условиях мы не имеем права забывать, что с развитием науки и техники происходят существенные изменения в военном деле, создаются новые виды боевой техники и вооружения, меняются способы их использования в бою.

Вот почему партия требует от военных кадров не успокаиваться на достигнутом, а всемерно двигать вперед военную науку, постоянно совершенствовать свои военные знания, настойчиво овладевать новой боевой техникой, повышать бдительность и боеготовность войск.

Весь наш народ и в особенности воины Советской Армии и Военно-Морского Флота должны отчетливо представлять себе боевые возможности новых технических средств борьбы, степень их опасности и меры борьбы с ними.

Учитывая дальнейший научно-технический прогресс, появление новых средств поражения и военной техники, мы обязаны и впредь своевременно определять наиболее целесообразные способы и формы вооруженной борьбы, всесторонне исследовать их и вводить в учебную практику наших войск.

Таким образом, вторая цель нашей книги — познакомить читателя с возможным использованием искусственного спутника Земли и межпланетных станций в военных целях, привести примеры подобных проектов, а

также показать степень реальности и опасности такого использования.

Тема книги очень обширна: собственно говоря, это не тема, а ряд серьезнейших научных проблем, взаимно связанных друг с другом. В силу ограниченного объема книги мы вынуждены лишь кратко касаться некоторых вопросов, а часть менее важных опускать вовсе.

Книга строится в основном на новейших материалах, опубликованных в отечественной и иностранной литературе.

Настоящая работа представляет собой один из немногочисленных опытов в этой области, поэтому автор будет весьма благодарен читателям за критические замечания, которые просит направлять в Военное издательство. Автор выражает глубокую признательность кандидату технических наук инженер-подполковнику В. П. Селезневу, который, приняв на себя труд по редактированию всего материала книги, внес ряд существенных исправлений и помог дополнить книгу описанием систем управления ракет-носителей и астроориентировки ИСЗ. Автор благодарит кандидата физико-математических наук Г. А. Скуридина за ценные советы по изложению материала о научном значении искусственных спутников Земли. Автор благодарит также инженеров Т. В. Харитонову и А. А. Сочивко за техническую помощь, оказанную ими и ускорившую выпуск книги.

Глава I

КАК МОЖНО СОЗДАТЬ ИСЗ И ДЛЯ ЧЕГО ОН НУЖЕН

1. Завоевание космоса возможно

Прочитав такой подзаголовок, читатель невольно вспомнит Константина Эдуардовича Циолковского, с именем которого связано создание астронавтики — науки о полетах в мировом пространстве.

Весьма значительную часть своих замечательных трудов К. Э. Циолковский посвятил проблеме полета с помощью различных реактивных устройств. Именно этим своим работам Циолковский придавал первостепенное значение. В течение ряда десятилетий одна за другой, из года в год, до самой смерти Циолковского, следуют статьи, заметки и расчеты, посвященные всестороннему анализу возможностей и методов межпланетных сообщений.

Никто из современников Циолковского, занимавшихся проблемой межпланетных полетов, не пошел так далеко, как он.

Сама по себе проблема ракетного полета в космос весьма обширна. К. Э. Циолковский разработал основные ее положения, совершил поистине научный подвиг. В его сочинениях читатель найдет много предложений по использованию различных конкретных конструкций реактивных летательных аппаратов, начиная от стратосферного полуракетного самолета с подъемом на высоту 30 км и кончая межпланетными ракетами-кораблями

для совершения путешествий в межзвездных пространствах.

В начале XX столетия Циолковский первый высказал идею устройства межпланетных станций — спутников Земли, используемых в качестве трамплина для завоевания космических пространств. Именно он высказал предположения о будущих колоссальных поселениях где-то в области астероидов. Все эти идеи разрабатывались им не на основе утопической фантазии, а вполне научно.

Однако великие его начинания долгое время (в царской России) оказывались преждевременными и не были под силу стране с низким уровнем развития техники и промышленности. И только в Советской стране в связи с бурным развитием реактивной техники, промышленности и прикладных наук проекты К. Э. Циолковского приобрели новую действенную силу и практически реализуются.

За рубежом мысль о создании искусственных спутников Земли впервые была выдвинута немецким ученым Г. Обертом и американцем Р. Годдаром значительно позже К. Э. Циолковского.

Создание ИСЗ — важнейший этап на пути человека к освоению Вселенной. Задача непосредственного перелета на Луну, не говоря уже о планетах, чрезвычайно осложняется дальностью расстояния и главным образом необходимостью преодоления земного тяготения. Перед посылкой человека в космос необходимо иметь точные и обширные сведения о физиологических условиях полета. Только с помощью ИСЗ можно решить ряд сложных научных, технических, физиологических и биологических проблем, связанных с полетом обитаемого корабля в космическом пространстве. Ниже мы рассмотрим, как эти проблемы будут решаться с помощью ИСЗ.

Трудами ученых различных стран мира и в первую очередь К. Э. Циолковским теоретически было доказано, что только ракета открывает возможность для запуска спутника Земли и межпланетных сообщений.

Использование для этих целей других средств, например выстрела из орудийного ствола специальной конструкции или электромагнитных сил, как это будет показано ниже, практически невозможно.

Последние достижения науки и техники говорят о том, что проблема космических полетов перешла в стадию своего практического осуществления. Успехи в области реактивной техники, создание новых видов горючего с большой теплотворной способностью, новых легких и мощных реактивных двигателей позволили достигнуть скоростей, необходимых для решения конкретной задачи — запуска в СССР первых искусственных спутников Земли.

В настоящее время только ракета с жидкостно-ракетным двигателем может удовлетворить тем сложным требованиям, которым должен отвечать двигатель межпланетного корабля. Именно такой двигатель в состоянии разогнать ракету-носитель спутника Земли или межпланетный корабль до такой огромной скорости, без которой немыслим ни один космический полет. Только ракета способна порвать цепи тяготения, превращающие нас в пленников Земли.

Запуск в СССР сверхдальней, межконтинентальной, многоступенчатой баллистической ракеты и искусственных спутников Земли показывает, как далеко шагнули в этом направлении наука и техника [1]. Все эти достижения, которые несколько лет назад казались фантастическими, стали реальностью. Как атомная энергия служит не только средством массового уничтожения и разрушения, но в еще большей степени она может быть использована в мирных целях на благо человечеству, так и ракетная техника, являясь мощным боевым средством, может быть использована в мирных целях как важный фактор в овладении человеком тайнами природы.

Ракетная техника может быть использована для изучения верхних слоев атмосферы и осуществления межпланетных сообщений.

В недалеком будущем ракеты предполагают применять в таких, казалось бы, необычных областях, как почтовые сообщения, прокладка кабеля, а впоследствии, возможно, и для пассажирских перевозок.

Этот вид использования ракет особенно соблазнителен: ведь даже при скоростях ракет порядка 6000 км/час

---

[1] См. в приложении сообщения ТАСС от 27 августа 1957 г., 5 октября 1957 г. и 4 ноября 1957 г.

Зак. 619

человек смог бы облететь вокруг земного шара менее чем за 7 часов.

Но самым увлекательным, без сомнения, является осуществление давнишней мечты человечества — полета в космос. И эта мечта в недалеком будущем воплотится в жизнь.

Итак, завоевание космоса благодаря современным достижениям науки и техники и прежде всего ракетной техники стало реально возможным. Первым шагом в решении этой грандиозной проблемы явилось создание искусственных спутников Земли.

2. Этапы завоевания космоса

На основании многих статей, выступлений и работ специалистов в области астронавтики можно считать, что программа осуществления межпланетного полета подразделится на следующие четыре этапа:

1) постройка и запуск автоматической ракеты-спутника без экипажа;

2) постройка в космическом пространстве космической станции или искусственного спутника Земли стационарного типа;

3) осуществление регулярных полетов с экипажем по орбите вокруг Земли, а также полетов автоматически пилотируемых космических кораблей вокруг Луны;

4) осуществление первого межпланетного путешествия с посадкой на Луну, а затем на планеты в пределах солнечной системы.

Решению первой части данной программы должна предшествовать большая работа в области следующего комплекса проблем: детальные исследования явлений теплопередачи и химического равновесия при температуре порядка 4000° С и скоростях потока газа 4 км/сек; изучение явлений аэродинамики при скоростях полета, от 5 до 20 раз превышающих скорость звука [1], с учетом полета в сильно разреженной атмосфере; исследование явлений теплоотдачи и прочности камер реактивных

---

[1] Скорость звука в воздухе у поверхности Земли равна 0,33 км/сек, или 1200 км/час.

двигателей малого габарита и веса; создание новых топливных смесей с наибольшей удельной тягой; новых материалов — жаропрочных сталей, пористых металлов, металлокерамики, получаемой путем спекания порошка из тугоплавких металлов, огнеупоров, сплавов на основе титана и других материалов для постройки ракет; решение проблемы создания новых систем охлаждения камер сгорания; разработка конструкций более мощных двигателей для ракет с тягой 100 т и выше и создание двигателей новых типов (ионные и атомные двигатели). В комплекс проблем входит разработка конструкций ракет нового типа и более легкого веса, а также работы над созданием миниатюрных и более усовершенствованных приборов управления и контроля (сервомеханизмы, радиотехнические устройства, гироскопические стабилизирующие устройства, фотоэлектрические и оптические приборы и т. п.), изучение наиболее рациональных орбит как для искусственных спутников, так и для межпланетных кораблей. Вопросы создания необходимых условий для людей, находящихся в кабине на спутнике, в том числе вопросы медицины, связанные с космическим полетом людей и защитой от космических лучей и метеоритов, проблемы навигации, средств связи, посадки ракеты на спутник стационарного типа, на планеты, возвращения на Землю будут решаться в тесной связи с другими проблемами.

Над всеми этими проблемами уже работают научные учреждения различных стран, в том числе и различные учреждения Советского Союза.

Конечно, решение такого большого количества грандиозных проблем будет происходить постепенно.

Первым шагом в изучении атмосферы Земли явились посылки воздушных змеев, воздушных шаров, шаров-зондов, радиозондов, геофизических ракет.

В 1754 году М. В. Ломоносов построил «аэродромическую машинку», являющуюся моделью вертолета для подъема метеорологических приборов. К тому же времени относятся первые подъемы приборов на воздушных змеях (Франклин Б.).

Регулярные же исследования атмосферы при помощи воздушных змеев и аэростатов начались гораздо позднее; большой вклад в эти исследования внес русский аэролог

В. В. Кузнецов уже на рубеже 20-го века[1]. В конце 19-го века возникают первые аэрологические обсерватории по исследованию высоких слоев атмосферы с помощью самопишущих приборов, поднимаемых различными, еще малосовершенными летательными аппаратами, главным образом шарами-зондами. Именно с их помощью и была в 1898 г. Тейсеран де Бором открыта стратосфера[2]. Подлинную же революцию в области исследования атмосферы произвели радиозонды, изобретенные ленинградским профессором А. П. Молчановым. Впервые запущенные 30 января 1930 г. Павловской аэрологической обсерваторией (под Ленинградом), эти радиозонды положили начало применению телемеханики и радио для связи с Землей различных летательных аппаратов. Вскоре в той же Павловской аэрологической обсерватории была также впервые осуществлена радиопеленгация летящих радиозондов.

Однако и в этих случаях геофизические приборы не удавалось поднять больше чем на несколько десятков километров.

После второй мировой войны некоторые из ракет стали приспосабливать для научных исследований атмосферы. Используя их, человеку удалось «прыгнуть» много выше, чем прежде. В 1949 году двухступенчатая ракета поднялась на 390 км, а несколько позднее составная двухступенчатая ракета увеличила рекорд до 425 км. В СССР также были произведены многочисленные запуски ракет на большие высоты для научных исследований. Однако независимо от высоты подъема все исследования такого рода имеют два существенных недостатка.

Первый из них заключается в том, что приборы, находящиеся в ракете, могут исследовать только очень ограниченную область в пространстве; второй состоит в том, что в данном пространстве ракета находится считанные секунды. Заметим также, что до сих пор получение неповрежденных исследовательских приборов и результатов записи научных наблюдений представляет значительные трудности, а во многих случаях их вообще получить не удается.

[1] Статья «Атмосфера», Большая Советская Энциклопедия, т. 3, стр. 385.

[2] Там же.

Таким образом, логически возникла необходимость осуществления на границе атмосферы более систематических, постоянных и долговременных наблюдений. Вот эту задачу и должны выполнить спутники Земли, обращающиеся вокруг нее довольно продолжительное время.

В настоящее время наука решила первый этап завоевания космоса — созданы и запущены в СССР первые в мире искусственные спутники Земли. Вполне понятно, что, не изучив всех явлений, протекающих в верхних слоях атмосферы, нельзя и мечтать о межпланетных полетах, нельзя мечтать даже об обитаемой межпланетной станции. Поэтому создание и запуск ИСЗ является необходимым этапом в освоении космоса.

3. Задачи, которые может решать ИСЗ

Следует сказать, что пространство, в которое посланы первые искусственные спутники Земли, изучено современной наукой очень мало. Существует ряд загадок космоса, которые требуют разрешения.

В настоящее время трудно определить весь круг задач, которые будут решаться спутниками.

Постановка некоторых задач в настоящее время уже достаточно обоснована и заключается в следующем: 1) определение плотности, давления и температуры верхних слоев атмосферы; 2) более точные измерения геометрических размеров Земли, расстояний между континентами и другие геодезические измерения; 3) длительное наблюдение солнечной радиации; 4) изучение интенсивности космической и другой радиации, проникающей в земную атмосферу; 5) определение химического состава среды межпланетного пространства; 6) наблюдение земных кольцевых токов; 7) определение распределения масс земной коры в сечениях Земли плоскостями орбит ИСЗ; 8) изучение особенностей распространения радиоволн в верхних слоях атмосферы и обеспечения радиосвязи и телевидения с помощью ИСЗ; 9) выполнение астрономических исследований с целью изучения небесных светил без помех со стороны атмосферы и др.

Изучение атмосферы. Начнем с наиболее близкой и известной всем атмосферы. Ею называется газовый слой, окружающий нашу планету. Без атмосферы жизнь на Земле была бы невозможной, поскольку все живое на Земле нуждается в кислороде воздуха.

Благодаря атмосфере существуют у нас реки, моря и океаны. Она же защищает нас от нестерпимого жара солнечных лучей, вредных для организма излучений Солнца и, наконец, от миллиардов метеоритов, которые без нее уничтожили бы жизнь на Земле. Только благодаря атмосфере громадное большинство из них сгорает, не достигнув Земли.

Человек знает об атмосфере еще очень мало, хотя изучает ее давно.

Атмосфера простирается на высоту порядка 800, а может быть, и тысячу с лишним километров (рис. 1). Однако приборы для ее исследования до недавнего времени поднимались всего на несколько десятков километров. Даже мощные исследовательские ракеты, значительно увеличившие эту высоту (до 400 км и более), мало помогли решению задачи. Ведь они, как мы уже указывали, производят наблюдения в течение ограниченного промежутка времени и только на очень ограниченном участке. Первые советские ИСЗ проводили длительное время исследования в космическом пространстве на разных высотах до 1700 км.

Сама атмосфера весьма неоднородна как по своему составу, так и по плотности, температуре и другим характеристикам.

В ее состав входят в основном азот, кислород и в незначительной мере водород, углекислый газ и так называемые инертные газы — неон, аргон, криптон, ксенон, гелий.

В верхних слоях атмосферы недавно были обнаружены редкие изотопы бериллия, лития и бора, происхождение которых еще не выяснено: неизвестно, попали ли они туда из мирового пространства вместе с космическими лучами или, может быть, появились вследствие взаимодействия этих лучей с самой атмосферой. В атмосфере также, не говоря уже о метеоритах, носятся мельчайшие частицы метеоритной пыли, занесенные из космоса.

Атмосфера неоднородна, и ее принято делить в зависимости от плотности на четыре слоя.

Самым близким к Земле и самым изученным слоем наибольшей плотности является тропосфера (см. рис. 1). Толщина тропосферы неодинакова. У экватора она достигает 18 км, а над полюсами — 9 км. Тропосфера содержит около 80% всей атмосферы. В ней протекает большин-

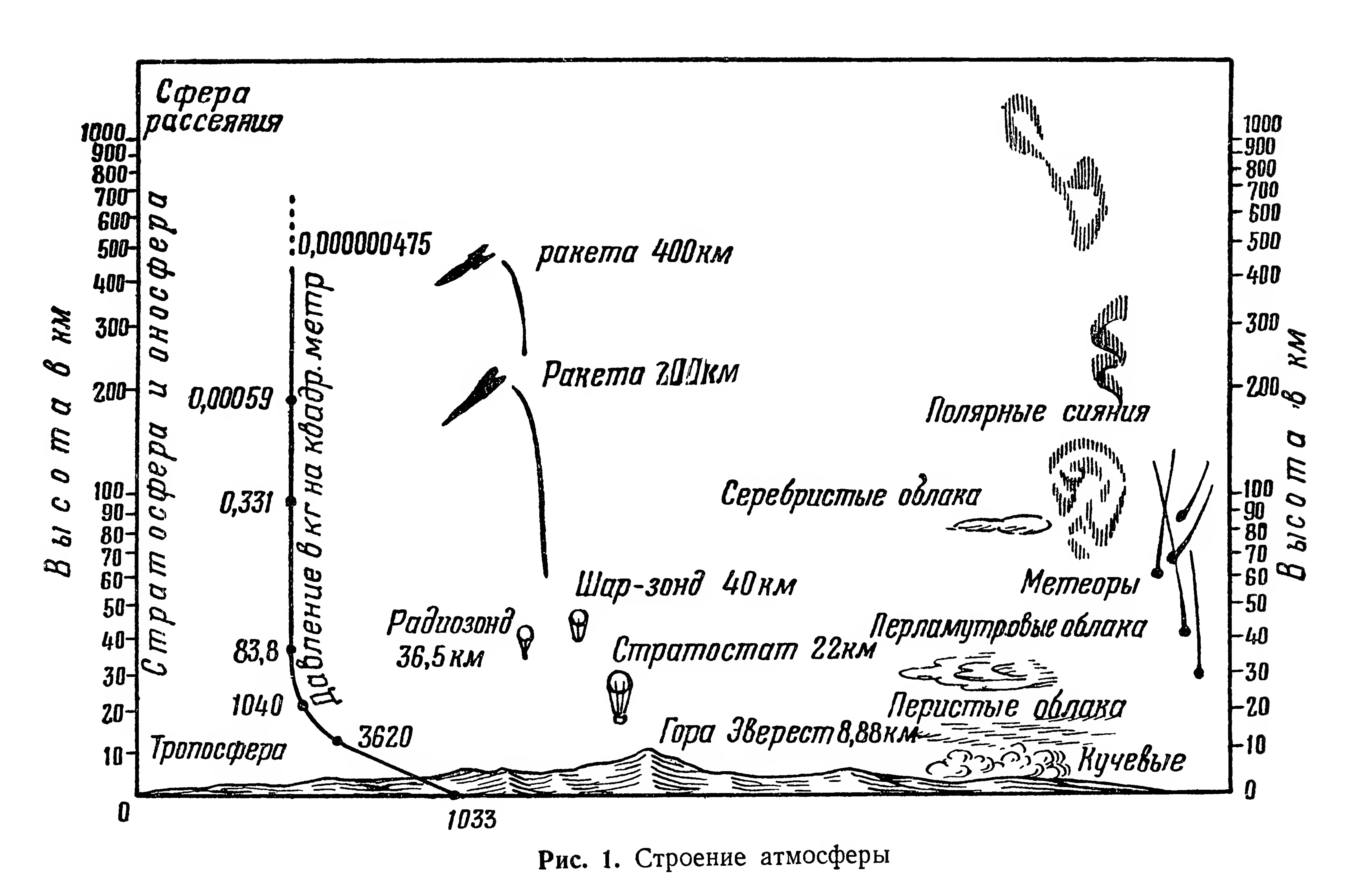


Рис. 1. Строение атмосферы

ство всех знакомых нам явлений природы — грозы, бури, снегопады, дожди и ветры; там же образуются и основные массы облаков. Все эти процессы для человека имеют, естественно, очень большое значение.

Выше тропосферы расположен слой, называемый стратосферой. Он значительно больше и достигает высоты 80 км. В стратосфере замечены интересные явления: если в нижних ее слоях температура составляет —50 — 60° С, то на высоте 35—66 км она значительно повышается и доходит до температуры +70° С. Затем температура снова падает, доходя на высоте 80 км почти до минус 100° С. Примерно с этого предела она снова резко повышается и на высоте около 120 км достигает +100° С. Стратосфера изучена в меньшей степени, чем тропосфера, но уже в настоящее время в нижних ее слоях летают самолеты, а верхний слой исследуется с помощью шаров-зондов, радиозондов и ракет.

Между стратосферой и тропосферой лежит сравнительно тонкий слой (около 1—3 км), называемый тропопаузой.

Высота этого слоя непостоянна и зависит от времени года: зимой этот слой расположен ниже, а летом выше.

Вслед за стратосферой начинается четвертый, последний слой, называемый ионосферой.

Этот слой имеет самую большую протяженность и простирается на высоту до 800 км, а возможно, и выше. Он является наименее изученным. Ионосфера представляет собою сильно разреженную газовую среду, в которой находится громадное количество ионов и свободных электронов. Эта среда хорошо проводит электричество. Сама по себе ионосфера также не является однородной, и ее в свою очередь делят на несколько слоев, которые по своим свойствам отличаются друг от друга. Ионосфера изучается с помощью радио- и спектрографических методов. В ней протекают такие хорошо знакомые людям явления, как полярные сияния. Только благодаря ионосфере, в которой ионизированные газы образуют слои, отражающие радиоволны, возможна дальняя радиосвязь на коротких волнах.

Деятельностью и существованием этих слоев объясняются также шумы и трески, которые мы слышим иногда во время радиопередачи. Высота слоев, от которых отражаются радиоволны, лежит между 100 и 400 км.

В последнее время установлено, что в ионосфере существуют ветры, скорость которых достигает 300 м/сек [1]. Обнаружены также различные неоднородности, которые называют ионизированными облаками.

Однако все эти сведения носят весьма отрывочный характер. Ученые, проанализировав состояние современных знаний об ионосфере и происходящих там явлениях, со всей очевидностью показали неполноту наших сведений о ней. Ряд явлений, происходящих в ионосфере, еще не получил объяснения. Конечно, там существует много процессов, еще не известных науке.

Верхние слои атмосферы находятся под непрерывным воздействием мощного солнечного излучения, в состав которого входят электромагнитные волны различной длины, начиная с метровых и кончая ультрафиолетовыми и рентгеновскими, корпускулярное излучение, состоящее из потоков быстрых электронов, ионизированных атомов водорода, гелия, кальция и др. На эти же слои действуют космические лучи — частицы громадной энергии, летящие из межзвездного пространства и врезающиеся с колоссальной скоростью в земную атмосферу, ионизируя и разбивая по пути атомы газов. При этом космические лучи сохраняют часто энергию, достаточную для того, чтобы пробиться на несколько километров в толщу Земли.

Член-корреспондент Академии наук СССР С. Н. Вернов в статье «Проникновение в тайны Вселенной»[2] указывает, что с созданием искусственных спутников Земли впервые появились возможности создать научную лабораторию, помещенную вне Земли. Приборы, установленные в такой лаборатории, могут проводить разнообразные измерения, в том числе и наблюдения того излучения, которое приходит к нам из мирового пространства, — космических лучей.

Это излучение представляет собой поток ядер атомов различных элементов, летящих со скоростями, весьма близкими к скорости света. Как показали опыты Д. В. Скобельцына, осуществленные еще в 1927 году, отдельные частицы космических лучей обладают очень

---

[1] Я. Л. Альперт. Ионосфера, журнал «Природа» № 1, 1956, стр. 13—23.

[2] См. газету «Правда» от 18 ноября 1957 г.

большой энергией. Большинство из них обладает энергией в миллиарды и десятки миллиардов электроновольт. В составе космических лучей имеются и частицы значительно больших энергий. До настоящего времени удалось обнаружить частицы с энергией вплоть до миллиарда миллиардов электроновольт. Столь высокая энергия частиц космических лучей дает возможность физикам весьма эффективно использовать их для «бомбардировки» атомных ядер, для изучения тех закономерностей, которые имеют место лишь при исключительно высокой энергии сталкивающихся частиц.

Естественно, возникает вопрос: каким путем создаются космические лучи? Не подлежит сомнению, что они, как правило, начинают свой путь далеко от Земли и даже от солнечной системы. Иногда, хотя и крайне редко, источником космических лучей становится Солнце. В этих случаях на Солнце наблюдались взрывные процессы.

Космические лучи, созданные на Солнце, состояли из частиц, обладающих небольшой энергией. Это показывает, что масштабы явлений, происходящих на Солнце, еще очень малы по сравнению с теми, которые ответственны за образование космических лучей.

Где же во Вселенной происходят эти гигантские процессы?

Для того, чтобы ответить на этот вопрос, необходимо прежде всего изучить состав первичного космического излучения. При столкновении с ядрами атомов атмосферы частицы космического излучения передают часть, иногда весьма значительную, своей энергии вторичным излучениям. Благодаря большой энергии частиц космических лучей возникает целый ряд поколений вторичных частиц. Поэтому не только на поверхности Земли, но даже в стратосфере мы изучаем не то первичное излучение, которое пришло из космоса, а в основном его многочисленное потомство.

Чтобы изучить первичные космические лучи, необходимо поднять научную аппаратуру за пределы земной атмосферы.

До настоящего времени мы могли поднимать приборы на большие высоты лишь с помощью шаров-зондов, стратостатов и ракет. В первых двух случаях первичное излучение маскировалось вторичным. В последнем случае время измерения было ограничено несколькими минутами.

Искусственные спутники Земли дают возможность изучить со всей полнотой состав первичного космического излучения. По-видимому, удастся найти такие новые компоненты космического излучения, которые раскроют нам многие тайны Вселенной.

Уже давно физики стремятся определить возраст космических лучей, узнать, сколько времени прошло с тех пор, как частицы космического излучения приобрели большую энергию и начали свои блуждания во Вселенной. На этот, казалось бы очень трудный, вопрос можно ответить, воспользовавшись тем обстоятельством, что, чем дольше космические лучи путешествуют во Вселенной, тем большее число соударений они испытывают с атомами межзвездной среды. При таких столкновениях входящие в состав космических лучей ядра атомов сравнительно тяжелых элементов будут разрушаться, а из их «осколков» возникнут ядра более легких элементов.

В космических лучах мы обнаруживаем ядра атомов различных элементов. Чем больше в космосе ядер атомов определенного элемента, тем больше их число ускорится и приобретет высокую энергию. Опыты показывают, что состав космических лучей в основном соответствует распространенности различных элементов во Вселенной. Некоторых элементов, например, лития, бериллия и бора, очень мало в космосе. В то же время ядра этих элементов часто возникают при разрушении более тяжелых ядер.

Поэтому если в составе первичных космических лучей окажутся такие ядра, то это будет означать, что космическое излучение долго путешествует во Вселенной.

Обнаружить ядра атомов различных элементов в составе космических лучей — весьма трудная задача.

Успех может быть достигнут путем применения специальных счетчиков, регистрирующих излучение Вавилова — Черенкова. Интенсивность этого излучения резко возрастает с ростом атомного номера ядра, пролетающего через такой счетчик. Как показали опыты [1], выполненные Л. В. Курносовой, Л. А. Разореновым и

---

[1] С. Н. Вернов, В. Л. Гинзбург, Л. В. Курносова, Л. А. Разоренов, М. И. Фрадкин, Исследование состава первичного космического излучения. Журнал «Успехи физических наук», сентябрь 1957 г., т. LXIII, вып. 1а и вып. 1б, Гостехиздат, Москва.

М. И. Фрадкиным, таким путем можно проводить анализ первичного космического излучения и, в частности, попытаться обнаружить в его составе ядра лития, бериллия и бора. Таким же путем можно искать ядра атомов многих других, в частности тяжелых, элементов в составе космических лучей. Большие возможности, предоставленные спутниками, позволяют предпринять новые попытки найти среди первичного излучения электроны, а также мельчайшие частицы света — фотоны. Если бы удалось обнаружить хотя бы в очень малом числе эти новые компоненты, наши знания о происхождении космических лучей сильно продвинулись бы вперед.

Чтобы в этом убедиться, достаточно вспомнить, что в космосе существуют магнитные поля. Поэтому обладающие электрическим зарядом первичные частицы космического излучения двигаются по сильно искривленным траекториям. Наблюдая эти частицы на Земле, мы не можем узнать, где они зародились, так как из-за отклонения в магнитных полях первоначальное направление их движения было полностью потеряно.

В противоположность этому фотоны движутся практически прямолинейно. Поэтому если их удастся обнаружить, то они смогут лучше, чем какое-либо другое излучение, указать нам, где в мировом пространстве расположены источники космических лучей.

Таким образом, изучение состава первичного излучения даст возможность обнаружить ряд явлений, происходящих в космосе, пролить свет на вопросы происхождения космических лучей и, в частности, проверить ряд следствий гипотезы В. Л. Гинзбурга о возникновении космических лучей при возгорании сверхновых звезд.

С помощью искусственных спутников Земли можно проводить длительные наблюдения первичного космического излучения. Появляется возможность обнаружить даже сравнительно небольшие изменения интенсивности различных компонент этого излучения.

В каждом случае представляет большой интерес выяснить природу тех частиц космического излучения, число которых в данном случае изменилось. Использование спутников позволяет это осуществить.

В частности, для этой цели можно регистрировать число первичных частиц и одновременно вызываемую ими ионизацию. Этим путем оказывается возможным

отделить колебания интенсивности основной компоненты космических лучей, состоящей из ядер атомов водорода — протонов, от изменений числа ядер более тяжелых элементов. Приборы, расположенные на поверхности Земли, не могут провести такое разделение. С помощью же спутников осуществляется совершенно новый подход к анализу процессов, происходящих с космическими лучами.

Число первичных частиц может быть измерено с помощью счетчика заряженных частиц. Как показали опыты Н. Л. Григорова, Ю. И. Логачева, А. Н. Чарахчьяна и А. Е. Чудакова, в настоящее время можно сконструировать прибор, весьма экономичный в потреблении электроэнергии [1].

Значительные трудности представляет измерение ионизации, создаваемой космическим излучением за пределами атмосферы. Однако это осуществимо с помощью метода, разработанного А. Е. Чудаковым: в приборе, летящем за пределами атмосферы, за счет ионизации накапливается электрический заряд. При снятии этого заряда возникает импульс, передаваемый по радио на Землю. По величине импульса можно судить об ионизации, создаваемой космическими лучами.

Орбиты искусственных спутников опоясывают почти весь земной шар. В связи с этим появляется возможность изучить зависимость интенсивности космического излучения от широты и долготы. Эта зависимость обусловлена отклонением первичных космических лучей в магнитном поле Земли. Поэтому, используя всю Землю как гигантский измерительный прибор, можно анализировать состав космического излучения. Вместе с тем распределение этого излучения по земному шару позволяет исследовать магнитное поле нашей планеты.

На втором искусственном спутнике Земли были установлены приборы для изучения космических лучей.

Как показала предварительная обработка полученных данных, приборы работали нормально. Получены данные о зависимости интенсивности космических лучей от геомагнитной широты.

---

[1] С. Н. Вернов, Ю. И. Логачев, А. Е. Чудаков, Ю. Г. Шафер, Исследование вариаций космического излучения. Журнал «Успехи физических наук», сентябрь 1957 г., т. LXIII, вып. 1б, стр. 160, Гостехиздат, Москва.

Не подлежит сомнению, что со временем приборы, установленные на спутниках, дадут возможность непрерывно следить за первичным космическим излучением.

Этим путем космические лучи будут превращены в мощное средство исследования Вселенной.

Однако только длительное наблюдение космических лучей с помощью ИСЗ прольет некоторый свет на условия их прохождения и проблему происхождения. Окончательное решение вопроса, очевидно, будет возможно после того, как с помощью межпланетных и межзвездных кораблей будет исследовано межзвездное ионизированное вещество, электромагнитные поля, связанные со звездами, и турбулентное движение межзвездного ионизированного вещества.

ИСЗ запущены как раз во время максимума солнечной активности. Ученые давно обнаружили, что примерно через 11 лет на Солнце увеличивается число пятен, на нем происходят грандиозные взрывы, после которых через несколько часов (предполагают, что в это время к Земле летят потоки ядер гелия, водорода, нейтроны и другие частицы) в земной атмосфере наблюдаются электромагнитные бури, нарушается радиосвязь, увеличивается число полярных сияний. Последний максимум солнечной деятельности был в 1947—1949 гг., следующий ожидают в 1958—1959 гг. Счетчики, установленные на ИСЗ, помогут исследовать состав и интенсивность солнечной радиации. С помощью счетчиков фотонов можно будет обнаружить и исследовать сильно поглощаемое атмосферой и поэтому не доходящее до поверхности Земли коротковолновое ультрафиолетовое излучение, вплоть до мягкой рентгеновской области.

Исследование этого коротковолнового излучения чрезвычайно важно и для многих вопросов физики земной атмосферы, ибо это излучение ионизирует молекулы воздуха и ответственно за образование ионосферных слоев в атмосфере Земли.

Аппаратура (см. рис. 42, *в*), применявшаяся на втором искусственном спутнике для регистрации коротковолнового излучения Солнца, описывается в разделе «Радиооборудование спутника».

Поскольку спутники летают по эллиптическим орбитам, то расстояния между ними и Землей меняются, и,

следовательно, их можно использовать для точного определения плотности атмосферы на различных высотах.

Этот вопрос имеет громадное значение как для развития современных реактивных управляемых снарядов, так и для освоения космоса вообще. Исследования проводятся путем наблюдения за изменением скорости полета ИСЗ. Дело в том, что даже на довольно значительной высоте имеются слои разреженных газов, которые хотя и в малой степени, но все же оказывают сопротивление движению спутника и тем самым постепенно замедляют его скорость.

С нескольких наземных станций одновременно производятся оптическим путем или с помощью радиолокации наблюдения за изменением скорости ИСЗ, причем самые незначительные изменения немедленно регистрируются точнейшими приборами наблюдения. Соответствующее сопоставление одновременно полученных отдельными станциями данных дает возможность по изменению орбиты ИСЗ судить о плотности атмосферы на данной высоте.

Искусственный спутник позволит также произвести ряд весьма важных аэродинамических измерений и наблюдений, необходимых для проектирования ракет и скоростных самолетов, которые невозможно осуществить ни в одной аэродинамической трубе.

Большое значение также имеет изучение вопроса о температурах в верхних слоях атмосферы.

Благодаря использованию исследовательских ракет уже получены некоторые данные о температуре тропосферы, стратосферы и нижних слоев ионосферы, однако вопрос о температуре в верхних слоях ионосферы и космосе выяснен далеко не полностью. Представление о температуре в этой зоне отличается от обычного. Дело в том, что хотя частицы воздуха или отдельных элементов ионосферы и обладают большой скоростью, соответствующей высокой температуре (свыше 2000°), но они летят на таком большом расстоянии друг от друга, что спутник или ракета, находящиеся в соприкосновении с ними, нагреваться почти не будут. Температура спутника или ракеты будет зависеть исключительно от количества тепла, получаемого от Солнца. Это последнее в свою очередь будет зависеть как от материала, из которого они изготовлены, так и от окраски их наружной поверхности,

а также от того, будут ли они вращаться, поочередно подставляя то одну, то другую сторону солнечным лучам, или к ним будет обращена все время одна и та же их сторона.

Таким образом, формулируя кратко, можно сказать, что одной из задач, выполняемых ИСЗ, будет изучение верхних слоев атмосферы и протекающих там явлений.

Прогноз погоды. Всем известно, какое большое значение в нашей жизни имеет погода.

Она оказывает значительное влияние на сельское хозяйство, мореплавание, деятельность авиации и т. д.

Велика роль погоды и в военном деле: действия военно-воздушных сил, артиллерии, военно-морского флота, десантные операции в воздухе и на море и даже действия наземных частей во многом зависят от нее.

В этой связи особое значение приобретает правильное предсказание погоды, как краткосрочный, так и долгосрочный ее прогноз.

Но в настоящее время, как известно, такие прогнозы далеко не всегда бывают верными. Ошибки в предсказании погоды объясняются главным образом неправильными исходными данными и, что самое главное, отсутствием обобщенных данных о протекающих вокруг всего земного шара метеорологических явлениях.

Когда будет запущен ряд ИСЗ, за несколько часов облетающих по разным орбитам вокруг Земли, представится возможность осуществлять метеорологические наблюдения над многими государствами одновременно и систематически передавать их результаты на Землю. Тогда предсказания погоды, несомненно, станут более точными.

Особое значение в данном случае представляет изучение солнечного света, отражаемого в пространство облаками.

Скажем попутно, что ИСЗ будут оказывать большую помощь и в деле освоения Арктики и Антарктики, передавая на Землю точные данные о скоплении льдов и их движении.

Геофизические наблюдения. Как следует из самого названия, этого рода наблюдения являются основными в третьем Международном геофизическом году.

Уже давно ученые установили, что Земля не правильный шар, а несколько сплюснута у полюсов. Тело такой

формы называется геоидом. Однако и эта форма не является абсолютно точной, а определена приблизительно.

Точно так же и размеры Земли установлены наукой еще недостаточно точно. Из этого следует, что наши современные географические, морские, военные и другие карты также содержат в себе ошибки и тем бо́льшие, чем большая площадь изображена на карте. Эти ошибки сказываются при использовании карт для целей мореплавания, авиации, а также играют большую роль и в военном деле. Остановимся на последнем вопросе подробнее.

В ряде стран ведутся усиленные работы над созданием управляемых межконтинентальных снарядов, которые смогут действовать на огромное расстояние (8000—16 000 км). В иностранной печати указывалось, что если для обычной артиллерии ошибки карт не имеют существенного значения, то на расстояниях в тысячи километров они приведут к тому, что снаряд может упасть настолько далеко от цели, что не поразит ее, даже если он будет снабжен ядерным зарядом.

Уточнение формы и размеров Земли, а следовательно, уточнение расстояния между отдельными континентами и даже географическими пунктами также может производиться с помощью искусственных спутников Земли. Для этого будет использован так называемый триангуляционный метод, который заключается в том, что будет осуществляться наблюдение за полетом ИСЗ по орбите с помощью оптических или радиолокационных приборов одновременно с нескольких наземных станций, что позволит наиболее точно определить интересующие нас расстояния.

Так, например, научные сотрудники картографического управления армии США, работающие на островах Тихого океана, хотят применить во время Международного геофизического года новый метод определения положения этих островов и нанесения их на карты. Этот метод основан на использовании данных, получаемых по радио с искусственного спутника Земли. До этого ошибки в определении местоположения островов доходили до полутора километров.

Новый метод является сравнительно недорогим средством быстрого определения местоположения островов. Полагают, что точность определения при этом будет примерно в 10 раз выше точности, получаемой при астроно-

мическом способе, который применяется в настоящее время. С помощью нового метода на карты будут нанесены острова Уэйк, Гуам, Мидуэй и Американское Самоа. Для этой цели научно-исследовательская лаборатория военно-морского флота США разработала радиооборудование, получившее название «Минитрек», устройство которого будет пояснено ниже.

Данные, полученные с искусственного спутника, будут передаваться в Вашингтон, в картографическое управление армии США, где на основании этих данных будет определено точное местоположение того или иного острова.

Мы привыкли думать, что скорость вращения Земли равномерна и каждый оборот Земля делает вокруг своей оси за 23 часа 56 минут и 4 секунды.

Однако в начале нашего столетия это обстоятельство было подвергнуто сомнению. Непрерывно в течение 50 лет проводились наблюдения, причем оказалось, что Земля движется неравномерно. Установлено, что с 1900 по 1950 г. разность между равномерным временем и временем, определенным по скорости вращения Земли, составляла примерно 25 секунд. Но ученые установили также, что скорость вращения Земли не изменяется согласно какому-нибудь известному закону: она то убывает, то возрастает. Причем если изменения в суточной скорости вращения Земли настолько ничтожны, что ими можно пренебречь даже в самых точнейших расчетах, то уже с годичным изменением скорости ее вращения приходится в некоторых случаях считаться.

До сих пор причины этого явления не выяснены, и можно ожидать, что запуск на разные орбиты искусственных спутников Земли, обладающих различной скоростью, поможет выяснению этого вопроса.

Наблюдения ученых показали, что ось вращения Земли не направлена постоянно в какую-то точку пространства, а перемещается, описывая в пространстве коническую поверхность. Это явление называется *прецессией*.

Прецессирует земная ось очень медленно. Полный конус она описывает в течение 26 000 лет.

Одновременно она совершает также и колебания, называемые *нутационными*. Период нутационного колебания составляет около 18 лет.

Эти явления, а также причины, их вызывающие, известны науке давно, но более подробному их изучению могут способствовать полеты ИСЗ.

Известно также, что толщина земной коры неодинакова и что масса Земли распределена неравномерно. Это значит, что силы земного притяжения действуют также неравномерно. Подсчитано, что геометрический центр и центр тяжести Земли лежат друг от друга примерно на расстоянии 500 км. В условиях существования на Земле этот факт особого значения не имеет и даже не ощущается. Однако для космических полетов и в особенности для ИСЗ или для управляемых ракет дальнего действия он имеет большое значение, так как будет оказывать значительное влияние на орбиту спутника или ракеты. Вопрос этот очень мало изучен, и характер неравномерности распределения массы Земли можно будет установить тоже в результате наблюдения за первыми ИСЗ в полете по отклонению их от заранее рассчитанной орбиты.

ИСЗ позволит более детально изучить магнитное поле Земли и внести ясность в вопрос о его происхождении. Дело в том, что до последнего времени магнитное поле Земли изучалось лишь на поверхности Земли или на небольших высотах от ее поверхности. О напряженности земного магнитного поля и направлении магнитных силовых линий его на большем удалении от Земли данные отсутствовали. С помощью ИСЗ эти данные будут получены.

Математический анализ данных наземных магнитных измерений привел к выводу, что магнитное поле, наблюдаемое на поверхности Земли, состоит из двух частей: одной, вызванной источниками, находящимися внутри Земли, и другой — источниками, находящимися вне Земли.

Исследование суточных вариаций, магнитного поля Земли и связанных с ними явлений привело ученых к предположению, что внешнее магнитное поле может создаваться системами электрических токов вне поверхности Земли. Наиболее вероятным местом, где могут возникнуть такие токи, являются верхние проводящие слои земной атмосферы (ионосфера).

Предполагают также, что токи могут быть и за пределами ионосферы. Источником внеионосферных токов могут быть заряженные частицы — корпускулы, выбро-

шенные из Солнца, захваченные магнитным полем Земли и вращающиеся вокруг Земли в плоскости ее магнитного экватора на расстоянии нескольких десятков тысяч километров от Земли. Внеионосферные токи усиливаются, когда Земля попадает в область интенсивных корпускулярных потоков, выброшенных из активных областей Солнца. Так возникают магнитные бури. Магнитное поле перемещает их в зоны полярных сияний и уменьшает интенсивность космических лучей.

Целью магнитных измерений на спутниках может быть проверка существования внеионосферных токов, получение данных об ионосферной системе токов и расширение наших знаний о главной части поля, создаваемой источниками поля внутри Земли. Измерениями на спутнике можно проверить, являются ли потоки солнечных частиц нейтральными или состоят из электрически заряженных частиц одного какого-либо знака.

Данные о поле, создаваемом внешними источниками, могут быть получены из сопоставления измеренных значений поля с теоретически вычисленными в предположении, что поле создается только источниками внутри Земли. Зная поле внешних источников на высотах, можно будет лучше оценить его роль в тех или иных геомагнитных эффектах. Не исключено, что в отдельных случаях эта роль может быть достаточно большой. В частности, возможно, что выявленное в последнее время несовпадение геомагнитных экваторов Земли, определяемых по данным наземных магнитных измерений и измерений интенсивности космических лучей, может быть вызвано действием на заряженные частицы космических лучей внешних источников поля.

Наблюдая уменьшение интенсивности больших магнитных аномалий (называемых мировыми или континентальными) с высотою, будут получены важные дополнительные сведения, на основании которых можно будет судить: находятся ли источники этих аномалий вблизи поверхности Земли или на большой глубине, соответствующей ядру Земли.

Для исследования магнитного поля Земли на поверхности ее применяются очень сложные высокочувствительные и, что существенно для ИСЗ, тяжелые приборы, называемые м а г н и т о м е т р а м и. ИСЗ будут, очевидно, оснащены магнитометрами наиболее легких конструкций.

Изучение метеоритов. В космосе носится огромное число метеоритов самых различных размеров — от гигантов весом в десятки тысяч тонн до мельчайшей метеоритной пыли.

Часть из них устремляется на Землю, но достигают ее лишь очень немногие (самые крупные), так как остальные сгорают, проходя через атмосферу. В верхних же слоях атмосферы, где силы трения, возникающие при их полете, не вызывают больших температур, при которых метеориты сгорают, они представляют большую опасность для ИСЗ и космических кораблей будущего, так как скорости их очень велики. Скорость метеоритов составляет от 1220 м/сек до 61 000 м/сек.

Ученые подсчитали, что для обеспечения безопасности спутника в течение года при условии воздействия на него лишь мелких метеоритов он должен иметь толщину обшивки из дюралюминия 1,5 мм или из нержавеющей стали — 0,6 мм. По мнению других ученых, для обеспечения продолжительности существования ИСЗ в течение нескольких лет достаточно иметь толщину стенок ИСЗ из нержавеющей стали всего 0,3 мм. Нужно заметить, что пробивная сила метеорита будет зависеть не только от его скорости, но и от его массы. Даже метеорит с ничтожной массой в 0,2 г при скорости 60 км/сек разовьет энергию, соответствующую энергии груза весом в 36 кг, падающего с высоты 10 м, причем из-за малых размеров метеорита вся эта энергия сосредоточится по существу в одной точке. Температура, развивающаяся при ударе такой частицы о корпус ИСЗ или космического корабля, сможет расплавить его стенку, и, несмотря на незначительные размеры получившегося в результате отверстия, может возникнуть авария, особенно если частота столкновений будет велика и таких повреждений будет много.

С помощью первых ИСЗ изучалась вероятность встречи космических кораблей с метеоритами, степень опасности такой встречи и меры защиты против метеоритов.

На более совершенных спутниках будут установлены также малогабаритные радиолокационные установки, которые будут наблюдать за ионизированными следами метеоритов. Такие спутники будут нести метеоритную службу. С их помощью будут предсказывать летную или

нелетную «метеорную погоду» для путешественников, отправляющихся в межпланетные или межзвездные пространства.

Большое внимание уже на первых ИСЗ уделено вопросам метеоритной защиты спутника и изменениям, происходящим с металлами и другими материалами в космическом пространстве под действием интенсивной бомбардировки ионизированными частицами. Результаты таких измерений помогут создать более совершенные по свойству и качеству материалы и конструкции для строительства новых космических ракет. Установлено, что метеорная опасность для ИСЗ оказалась в действительности меньшей, чем можно было предполагать ранее.

Исследование метеорной эрозии спутника может производиться при помощи крошечных пьезоэлектрических микрофонов, вмонтированных в обшивку спутника. О деформациях и напряжениях, возникающих в конструкции ИСЗ, ученым расскажут полупроводниковые тензометры — датчики деформаций и напряжений.

Астрономические наблюдения. Одной из старейших наук на земле является астрономия. Давным-давно человечеству известны многие созвездия, звезды, планеты. После изобретения Галлилеем телескопа знания наши в этой области значительно расширились. Сейчас во многих странах мира имеются весьма совершенные телескопы, благодаря которым был открыт ряд звезд и достигнут большой прогресс в различных областях астрономии. Но если атмосфера является надежной защитой от метеоритов или вредных излучений, то для астрономов она является, к сожалению, значительной помехой в изучении небесных тел. Такие свойства атмосферы, как рассеивание света, дрожание неравномерно нагретых слоев, или то обстоятельство, что она плохо пропускает инфракрасные, ультрафиолетовые и другие лучи, очень мешает работе астрономов. Даже самые совершенные телескопы с этими помехами справиться не могут.

Имеется только один путь избавиться от этих помех — вынесение телескопов за пределы атмосферы. А это опять-таки может быть осуществлено только с помощью ИСЗ. Даже на первых необитаемых спутниках проектируются некоторые астрономические средства наблюдения, которые будут работать автоматически, а результаты этих наблюдений, записанные на специальную

пленку, будут помещаться в кассету, которая весьма сложным способом будет доставляться на Землю.

Изучение верхних слоев атмосферы. Громадный интерес для науки представляет изучение многообразных физических явлений, протекающих в верхних слоях атмосферы. Сюда относится измерение энергии солнечных и ультрафиолетовых лучей, а также интенсивности космических лучей в зависимости от широты. Необходимо будет уточнить наши сведения об открытых недавно так называемых мягких рентгеновских лучах, концентрирующихся в областях полярных сияний.

Можно будет определить плотность атомов и ионов водорода в межпланетном пространстве. Наконец, будут проведены наблюдения за кольцевыми электрическими токами, которые существуют вокруг Земли.

Будут произведены также исследования и в других областях, как, например:

— определение температуры и давления путем наблюдений за распространением взрывов гранат, выпускаемых с ИСЗ через определенные интервалы времени и наблюдаемых с различных пунктов земной поверхности;

— определение масс ионов спектрометрами специальной конструкции;

— исследование проводимости ионосферы;

— исследование относительной концентрации электронов и положительных ионов вдоль орбиты спутника;

— измерение фотоэлектрическими фотометрами световой энергии с целью изучения относительной интенсивности некоторых спектральных линий молекулярного кислорода и высоты ночного свечения воздуха.

Все эти исследования будут проводиться или уже проводятся в верхних слоях атмосферы с помощью высотных исследовательских ракет различных конструкций.

Во многих местах земного шара — в Европе, Америке, в Гренландии, в центре Тихого океана, у экватора и на территории нашей Родины — неоднократно поднимались ракеты с автоматическими приборами, достигшие высоты в сотни километров. Они производили фотографирование поверхности Земли (см. фото Земли, выполненное с высоты 162 км, рис. 2) и различные научные наблюдения и исследования.

Применение же ИСЗ для решения перечисленных исследований дает возможность произвести их в несоизме-



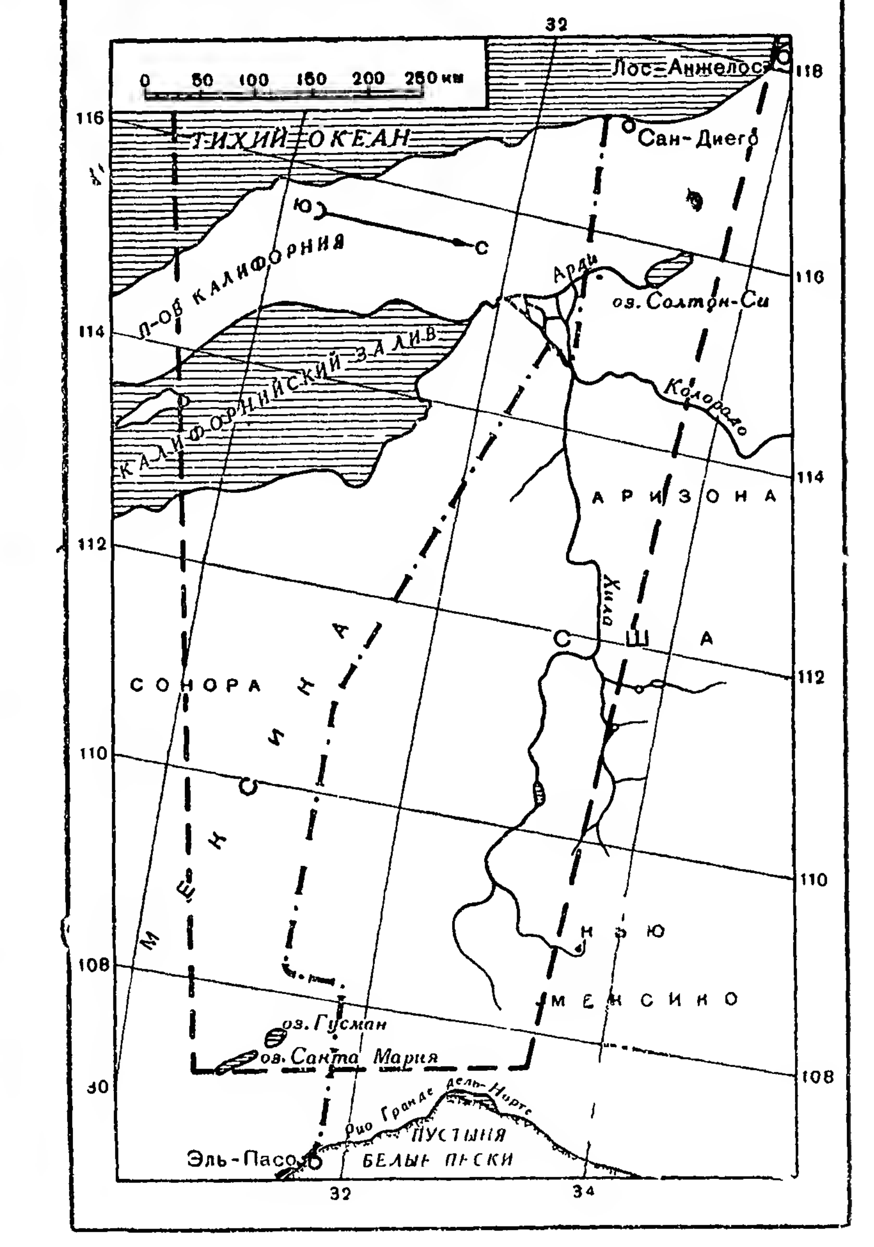


Рис. 2. Фотография поверхности Земли, выполненная с высоты 162 км

Слева — фотография района, лежащего по направлению на юго-запад от места съемки. Отчетливо видны Калифорнийский залив и полуостров Калифорния. Линия горизонта находится на расстоянии 1500 км к западу. Снимок охватывает часть территории США и Мексики площадью в $5,18 \cdot 10^5$ км^2 (из книги С. К. Митра «Верхняя атмосфера»)

Справа — схематическая карта территории, изображенной на снимке. Пунктирные черные прямые — примерные границы сфотографированной области

римо больших масштабах, чем это можно было сделать с помощью ракет, и на более широкой основе.

Глубокие исследования ионосферы, ее электрических и магнитных явлений, полярных сияний и пр. дадут возможность уточнить теории этих явлений. На базе этих теорий будут созданы различные приборы и устройства искусственных спутников Земли, а в дальнейшем и межпланетных кораблей. Задачи изучения верхних слоев атмосферы в значительном своем большинстве определяются проблемами межпланетных сообщений.

Многие из перечисленных выше явлений вообще не могут наблюдаться с Земли, с воздушных шаров и аэростатов и даже с помощью высотных ракет. Правда, уже сейчас с помощью высотных ракет ученым удалось частично проникнуть в верхние слои ионосферы. В результате были построены таблицы, показывающие изменение с высотой плотности, температуры, давления атмосферы, проницаемость ее для различных длин электромагнитных волн; построены кривые электронной и ионной плотности, обнаружены токонесущие слои, появляющиеся во время максимального изменения магнитного поля Земли.

Произведены неполные измерения ультрафиолетовых и рентгеновских лучей Солнца, определены некоторые типы заряженных частиц и их индивидуальная концентрация в зависимости от высоты ионосферы. Сделаны первые попытки изучения космических лучей. Но все это только робкие шаги на пути к широкому фронту научно-исследовательских работ, дорогу к которым открывают первые искусственные спутники Земли.

Искусственные спутники Земли могут быть также использованы и для дальнейшей экспериментальной проверки общей теории относительности, созданной в период 1905—1917 гг. известным ученым Альбертом Эйнштейном.

Экспериментальная проверка теории относительности [1]. Теорией относительности называется современная физическая теория пространства и времени. Эта теория правильно отображает процессы, протекающие со скоростями, сравнимыми со скоростью света. Она составляет физический фундамент для ряда новых областей

[1] Журнал «Природа» № 9, 1956, стр. 30—39.

техники, является основой современной теории элементарных частиц и распространяет свои выводы в самые различные области физических наук — от расчета ускорителей атомных частиц до проблем космологии[1]. Поэтому совершенно очевидна необходимость более точной опытной проверки этой теории. Однако опытная ее проверка весьма затруднительна, так как в пределах нашей солнечной системы и при небольших скоростях, получаемых человеком, эффекты этой теории весьма невелики. Наиболее заметными явлениями, следующими из теории относительности, являются: смещение перигелия планет, отклонение световых лучей Солнцем и эффект гравитационного смещения частоты. Поясним все эти явления.

Смещение перигелия планет заключается в том, что с течением времени плоскость орбиты планеты поворачивается на какой-то угол в определенном направлении (рис. 3).

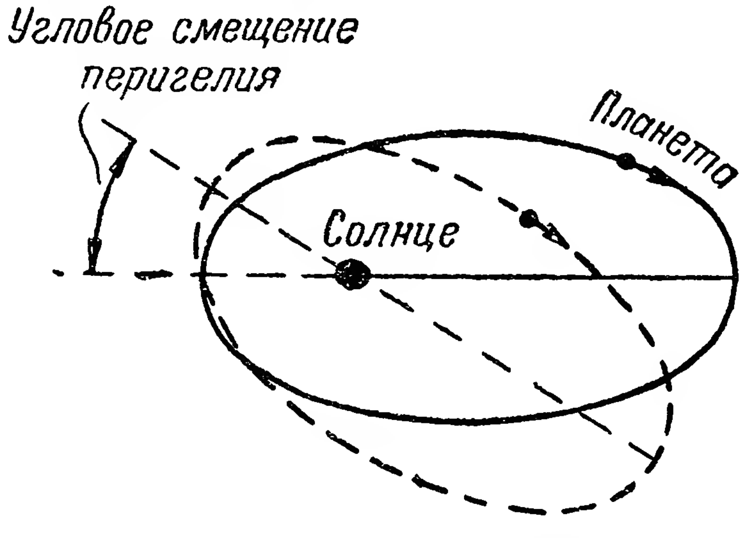


Рис. 3. Смещение перигелия

У Меркурия, имеющего наибольшее смещение перигелия среди всех планет солнечной системы, этот угол равен примерно 40″ в столетие.

Эффекты отклонения световых лучей Солнцем и гравитационного смещения частоты объясняются тем, что энергия любой формы связана с массой. Поэтому световые лучи, проходя мимо Солнца или иного тела, должны отклониться, так как свет обладает массой. Во время солнечных затмений обнаружили, что Солнце отклоняет идущие около него лучи примерно на 2″.

Так как свет, распространяющийся от Солнца, обладает какой-то массой, то он должен преодолеть силу притяжения Солнца, а следовательно, затратить на это какую-то энергию. Согласно теории относительности эта затрата энергии связана с уменьшением частоты элек-

---

[1] Космология — учение о бесконечной Вселенной как о связанном едином целом и о всей охваченной наблюдениями области мира как о части Вселенной; является неотъемлемой частью астрономии, тесно связанной с физикой.

тромагнитных колебаний света. На Земле эффект гравитационного смещения частоты света составляет примерно 0,0002%. Все приведенные выше величины вследствие их малости очень трудно измерить.

Использование искусственных спутников Земли открывает новые пути проверки теории относительности. Поворот перигеев (в случае использования спутников Земли перигелий называют перигеем) искусственных спутников может в 30 раз превосходить поворот у Меркурия. Год наблюдений за спутником может оказаться эквивалентным столетию наблюдений за Меркурием. Кроме того, использование радиометодов, очевидно, позволит повысить точность измерений.

Откроется также возможность обнаружить еще один эффект теории относительности, который невозможно заметить в солнечной системе. Этот эффект состоит в дополнительном смещении перигея спутника, обусловленном вращением Земли.

Можно наблюдать также эффект гравитационного смещения частоты, поставив на спутнике передатчик со строго стабильной известной частотой и измеряя частоту сигнала, принимаемого на Земле. Наконец, с искусственного спутника, движущегося за пределами атмосферы, можно измерить яркость метагалактики, т. е. совокупности звездных систем (галактик), лежащих за пределами нашей Галактики. Это имеет важное значение для космологии. Так как космология базируется на общей теории относительности, то определение яркости метагалактики оказывается связанным с проблемами этой теории.

Применение трех ИСЗ для всемирного телевизионного вещания. Использование искусственных спутников для целей всемирного телевизионного вещания — весьма заманчивая идея. Практическое ее решение может быть осуществлено в ближайшие 7—10 лет после запуска стационарных ИСЗ на экваториальную орбиту, удаленную на 35 800 км от Земли.

Как известно, радиус действия телевизионных центров ограничен, так как передача телевизионных программ ведется на ультракоротких волнах, которые, вообще говоря, распространяются в пределах прямой видимости.

Для того чтобы телевизионные передачи принимались на большей территории, необходимо поднимать как можно выше передатчик телецентра или применять ретрансляцию по специальным кабелям или радиорелейным линиям связи. Совершенно очевидно, что с помощью ИСЗ, в поле зрения которого будут находиться очень большие площади Земли, можно значительно повысить радиус действия телевизионных центров и расстояния, на которые можно ретранслировать их передачи.

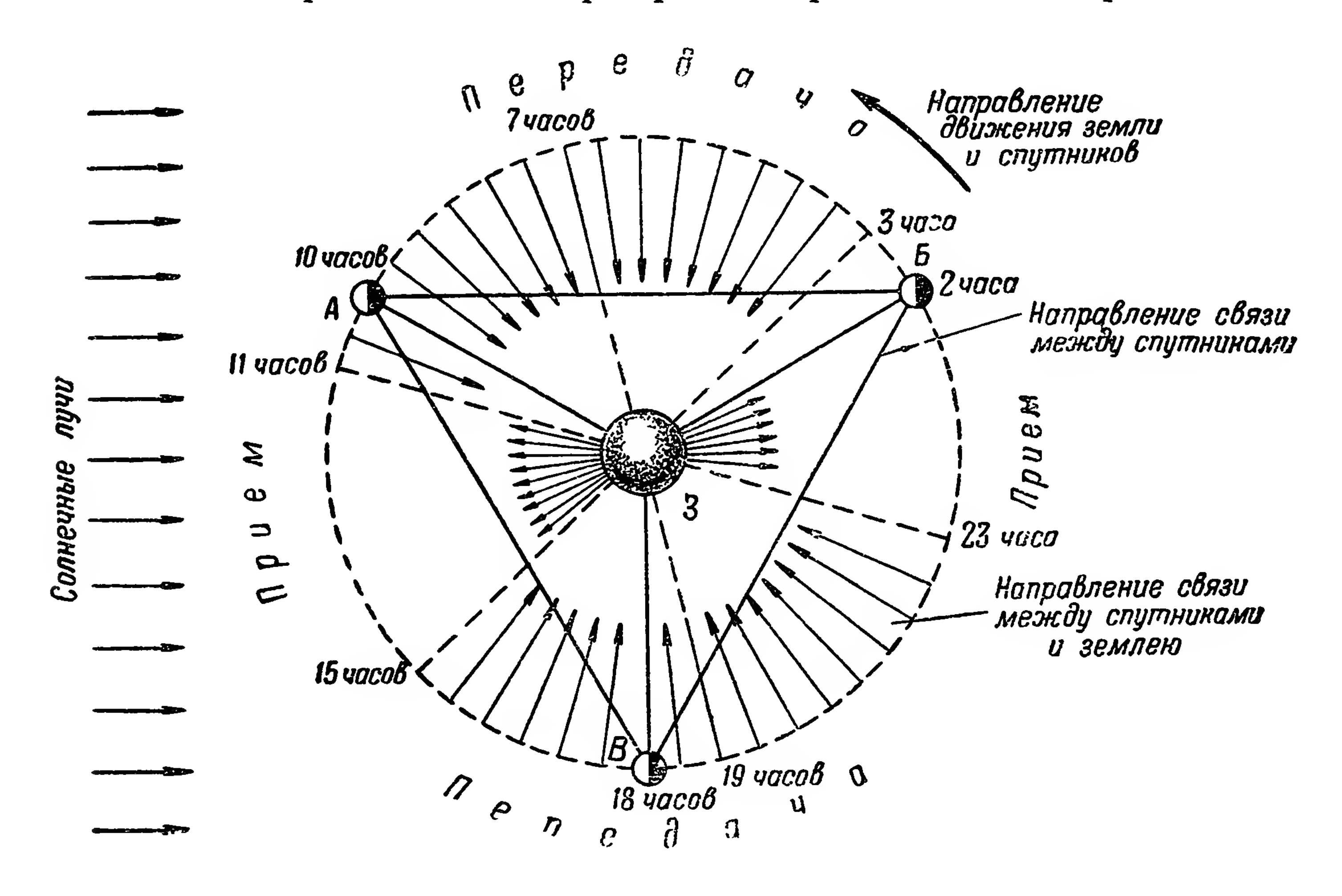


Рис. 4. Схема работы телецентров всемирного телевизионного вещания с помощью трех ИСЗ (А, Б, В — спутники; З — Земля)

Имеется ряд проектов осуществления всемирного телевизионного вещания с помощью трех ИСЗ [1]. Запуск этих спутников нужно производить из одного пункта, расположенного на экваторе, с интервалом времени 8 часов. Плоскость орбиты всех трех спутников должна совпасть с плоскостью экватора (рис. 4). При этом спутники будут разнесены по орбите на 120°, а их угловая скорость должна быть одинаковой и равной угловой скорости Земли, благодаря чему спутники будут неподвижны относительно друг друга и Земли, то есть каждый спут-

[1] В отечественной периодической печати этот проект был описан автором в журнале «Радио» № 6, 1956 г., стр. 28—31. Здесь этот проект дается в несколько исправленном виде.

ник будет находиться над одним и тем же передающим телевизионным центром. Правда, под влиянием неравномерного распределения масс Земли орбита спутников будет сдвигаться на 20 угловых секунд в час в сторону, обратную вращению Земли. Этот сдвиг не повлияет на взаимное расположение спутников, поскольку он одинаков для всех трех спутников, и не скажется на качестве телевизионных передач. Он приведет к тому, что за 2,5 года все спутники сдвинутся на 120° и каждый из них окажется над тем местом, где 2,5 года назад был его западный сосед.

Предположим, что спутник оборудован тремя антеннами: одной направленной на Землю приемно-передающей параболической антенной, и двумя, направленными на соседние спутники.

Можно определить требования, предъявляемые к направленным свойствам антенн, а также составить примерное расписание работы системы всемирного телевизионного вещания, если соблюсти условие, чтобы направление радиопередачи от спутника к спутнику и между Землей и спутником никогда не совпадало с направлением излучения Солнца. Это условие надо соблюдать для того, чтобы радиоизлучение Солнца не принималось приемными антеннами и не вызывало бы сильных помех радиоприему.

Для устранения помех от радиоизлучения Солнца непрерывная работа всех приемно-передающих антенн спутника обеспечивается следующим расписанием их работы в течение суток.

Род работы	Время на телецентре					
	с 23 до 3	с 3 до 7	с 7 до 11	с 11 до 15	с 15 до 19	с 19 до 23
Прием с ИСЗ		▤	▤		▤	▤
Передача на ИСЗ	▤			▤		

Телезрители, находящиеся на Земле, соответственно с 23 часов и до 3 часов ночи и с 11 до 15 часов дня

могут принимать только передачи, транслируемые местными телецентрами. Но с 3 часов ночи до 11 часов утра и с 3 часов дня до 11 часов вечера они могут смотреть, кроме местных телепередач, и передачи из других городов земного шара. Например, если искусственные спутники будут расположены над долготами, соответствующими СССР, Китаю и США, то телезрители СССР с 3 часов ночи до 7 утра и с 15 до 19 часов смогут, кроме своих, смотреть и американские телепередачи, с 7 до 11 и с 19 до 23 передачи, которые смотрят в это время телезрители Китая.

В Китае в указанные промежутки времени можно принимать соответственно передачи СССР и США, а в Америке — Китая и СССР.

Так как угловые размеры Земли при наблюдении ее со спутника, находящегося на высоте 35 800 км, составляют примерно 17°, то очевидно, что ширина диаграммы направленности приемно-передающей антенны ИСЗ не должна превышать 17°. Ширина диаграммы направленности антенн, направленных на соседние спутники, должна равняться примерно 4°.

Из-за упоминавшегося движения орбиты спутников (20 угловых секунд в час или 8 угловых минут в сутки) придется диаграмму направленности наземных приемных и передающих антенн за сутки сдвигать в западном направлении на 8 угловых минут, а заштрихованные на расписании работы ИСЗ квадраты влево на 32 секунды времени. Чтобы не делать этого, очевидно, будут применять коррекцию положения спутников, чтобы они не «сползали» далеко от предназначенного им места.

На выбор длины волн, которые могут применяться для системы всемирного телевизионного вещания, влияет ряд факторов: необходимость малых весов и габаритов аппаратуры, направленные свойства антенных устройств и пока не изученные условия распространения радиоволн в космическом пространстве. Но уже сейчас можно сказать, что на спутнике прием программ телевидения с Земли будет осуществляться, вероятно, в метровом диапазоне волн, а со спутника на Землю, с учетом минимальных весов и габаритов аппаратуры, — на волнах дециметрового, сантиметрового или миллиметрового диапазона. Связь между спутниками будет осуществляться на волнах сантиметрового или миллиметрового диапазона.

Основной вес радиоаппаратуры будет приходиться на источники питания, поэтому для осуществления кругового телевидения большое значение имеет создание облегченных атомных источников питания.

Надо отметить, что подобные спутники, оборудованные ретрансляционными установками, позволят заменить множество телефонно-телеграфных сетей, увеличить дальность и усилить радиоприем вещательных радиостанций.

4. Космические скорости и условия существования искусственного спутника Земли

Спутник движется вокруг Земли, как небесное тело. Движение спутника подчиняется тем же законам небесной механики, что и движение Луны вокруг Земли, а также движение Земли и других планет солнечной системы вокруг Солнца. Эти законы были открыты Кеплером. Современная небесная механика основана на законе всемирного тяготения, открытом Ньютоном.

Движение спутника вокруг Земли происходит с большой скоростью. Если бы притяжение Земли отсутствовало, то спутник двигался бы в безвоздушном пространстве равномерно и прямолинейно. Притяжение Земли искривляет его траекторию и заставляет спутник огибать Землю и двигаться вокруг Земли вдоль ее поверхности.

Движение спутника можно уподобить движению камня, к которому привязана одним концом веревка. Держа другой конец веревки в руках, можно раскрутить ее так, чтобы заставить камень вращаться по кругу. Так как при этом мы все время будем отклонять камень от прямого пути и заставлять его искривлять направление своего движения, то веревка будет все время натянута. Сила натяжения ее зависит от скорости движения камня и при увеличении скорости движения будет возрастать.

При движении спутника роль веревки играет сила притяжения Земли. Однако имеется существенное отличие, которое заключается в том, что сила притяжения, действующая на спутник, является вполне определенной величиной. Поэтому круговое движение спутника вокруг Земли возможно лишь с некоторой вполне определенной скоростью. Для спутника, движущегося сравнительно недалеко от поверхности Земли, эта скорость равна приблизительно 8 км в секунду.

Может возникнуть вопрос: почему эта скорость одинакова для тел любого веса? Ведь сила притяжения, действующая на более тяжелое тело, больше, и на первый взгляд может показаться, что такое тело должно двигаться вокруг Земли по круговой орбите под действием силы притяжения с большей скоростью. Однако если принять во внимание, что более тяжелое тело труднее отклонить от прямолинейного движения, причем ровно во столько раз, во сколько больше его вес, то станет ясным, что скорость движения спутника не должна зависеть от его веса. Поэтому скорость движения по орбите, имевшая место для первого советского ИСЗ, осталась приблизительно такой же для второго спутника и будет такой же для других спутников, которые предполагается запустить в Советском Союзе в течение Международного геофизического года.

Сила притяжения к Земле убывает при увеличении расстояния от Земли. Поэтому спутник на более высокой орбите должен двигаться с меньшей круговой скоростью. При движении спутника по различным орбитам, лежащим в пределах порядка тысячи километров над поверхностью Земли, отличия в скорости движения сравнительно невелики. Однако для спутника, движущегося на значительно больших расстояниях от Земли, скорость движения оказывается существенно меньшей. Так, Луна, которая также является спутником Земли и находится от Земли на расстоянии примерно 380 тыс. километров, движется вокруг Земли со скоростью около одного километра в секунду, то есть со скоростью примерно в 8 раз меньшей, чем спутник, летящий вблизи Земли. Если принять во внимание, что путь, проходимый Луной вокруг Земли, гораздо длиннее, чем путь движения искусственного спутника за один оборот, то станет понятным, почему Луна совершает один оборот вокруг Земли не в 8 раз медленнее спутника, а гораздо более медленно. Луна совершает один оборот примерно за месяц, в то время как первые спутники совершали примерно 15 оборотов за одни сутки.

Для того чтобы спутник мог двигаться по орбите на заданной высоте, скорость его должна быть вполне определенной. Создать спутник, движущийся по той же самой орбите, но с иной скоростью, невозможно.

Из того, что скорость движения спутника на более вы-

сокой круговой орбите меньше, следует, что при выведении спутника на такую орбиту его необходимо разогнать до меньшей скорости. Это отнюдь не означает, что запуск спутника на более высокую круговую орбиту проще, чем на орбиту более низкую.

Ракета, несущая спутник, должна иметь тем большую скорость, чем на более высокой орбите должен двигаться спутник. Этой скорости должно хватить на то, чтобы достичь необходимой высоты, и на то, чтобы двигаться по достигнутой орбите с такой круговой скоростью, при которой возникающая центробежная сила уравновесила бы силу тяжести и тем самым позволила бы ей обращаться вокруг Земли, не падая на нее.

При определенной скорости такой результат можно получить и на небольшой высоте, даже порядка нескольких километров, но, как известно, на низких высотах значительно сопротивление воздуха.

Воздух является одним из главных противников высоких скоростей в атмосфере, а в нашем случае скорость ракеты должна быть огромной. Кроме того, вспомним, что даже «Фау-2», пролетая плотные слои атмосферы почти вертикально, нагревалась свыше 540° С.

При скоростях же, гораздо бóльших, чем у «Фау-2», летящая в атмосфере ракета просто сгорит.

Следовательно, необходимо создать такую минимальную высоту полета ракеты над Землей, при которой можно было бы пренебречь влиянием атмосферы.

Многие ученые занимались расчетами скорости ракеты, необходимой для запуска искусственного спутника Земли на определенную высоту. Большой интерес представляет формула, выражающая теоретически минимальную скорость, которую необходимо сообщить ракете на Земле для перевода ее на круговую орбиту. Эта скорость (V_x) называется характеристической и является наименьшей скоростью, теоретически необходимой для запуска ИСЗ.

Формула для определения этой скорости имеет вид:

$$V_x = 11\,190 \sqrt{1 - \frac{r_0}{2r}} \text{ [м/сек]}. \qquad (1)$$

Здесь r_0 — радиус Земли, в среднем равный 6 372 000 м, а $r = r_0 + h$, где h — высота полета спут-

ника над Землей. Таким образом, зная высоту полета спутника над Землей, читатель легко может, пользуясь выше указанной формулой, определить характеристическую скорость ракеты.

Надо сказать, что приведенная формула характеристической скорости[1] получается при определении количества энергии, которую необходимо сообщить массе ИСЗ для того, чтобы обеспечить ей возможность движения вокруг земного шара без падения на Землю. Из той же формулы видно, что скорость V_x изменяется в зависимости от удаления орбиты спутника от поверхности Земли.

Наименьшее ее значение будет при $r = r_0$, т. е. при полете ракеты прямо над поверхностью Земли.

Тогда

$$V_x = 11\,190 \sqrt{\frac{1}{2}} = 7912 \text{ м/сек.} \qquad (2)$$

Эту скорость принято называть **первой космической скоростью**. Но, как мы уже установили выше, свободного полета спутника Земли в плотных слоях атмосферы из-за наличия силы сопротивления воздуха осуществить невозможно, так как атмосфера немедленно затормозит его полет.

Из этой же формулы видно, что наибольшее значение скорости V_x получим, удалив орбиту ИСЗ в бесконечность. При r, стремящемся к бесконечности, V_x стремится к значению 11 190 м/сек. Это и будет так называемая **вторая космическая скорость**.

Промежуточные значения скорости V_x для разных высот h приведены в табл. 1 на стр. 50.

Для того чтобы ракета была не спутником Земли, а улетела в космос (в пределах солнечной системы), ей необходимо сообщить скорость больше 11,2 км/сек.

О том, какая сила забросит искусственный спутник на большую высоту, с помощью каких средств космические корабли смогут достичь таких колоссальных скоростей, мы расскажем в следующей главе.

---

[1] См. статью Ю. Победоносцева «Об искусственном спутнике Земли» в журнале «Вестник Воздушного Флота» № 9, 1955

Таблица 1

Значения характеристической скорости V_x в зависимости от высоты полета спутника над Землей

h — средняя высота полета спутника над Землей в км	Величина характеристической скорости V_x в м/сек, подсчитанная по формуле (1)	h — средняя высота полета спутника над Землей в км	Величина характеристической скорости V_x в м/сек, подсчитанная по формуле (1)
200	8 033	500	8 194
220	8 043	600	8 246
250	8 061	640	8 266
265	8 069	700	8 294
280	8 076	800	8 342
300	8 089	966	8 417
320	8 099	1000	8 431
350	8 116	1730	8 716
400	8 143		

Глава II

КАКИЕ СРЕДСТВА ПОМОГЛИ РЕШИТЬ ПРОБЛЕМУ СОЗДАНИЯ ИСЗ

1. Физические основы реактивного движения

Какая же сила поможет человеку завоевать космическое пространство? Оказывается, такая сила существует, и ее давно заметил человек. Это реактивная сила. Именно ее имел в виду отец русской реактивной техники гениальный К. Э. Циолковский, рассчитывая межпланетные полеты. Что же это за сила? Каков ее физический смысл?

С этой силой часто встречается наш читатель, не обращая на нее внимания. Именно эта сила вызывает удар в плечо во время выстрела из ружья, она заставляет откатываться орудие после выстрела, благодаря ее действию взлетают в воздух фейерверочные и сигнальные ракеты.

Оказывается, принципиально только реактивная сила может заставить межпланетный корабль будущего взлететь в космос, и только с ее помощью были запущены первые в истории человечества искусственные спутники Земли.

Классическое объяснение возникновения реактивной силы дал великий английский ученый Ньютон в третьем законе механики. Закон этот гласит: всякое действие встречает равное по величине и обратное по направлению противодействие.

В справедливости этого закона легко убедиться, припомнив несколько всем знакомых примеров: гребец, откидывая при помощи весел некоторые массы воды в

одну сторону, заставляет тем самым двигаться лодку в противоположном направлении. Точно так же гребной винт, перемещая массы воды, заставляет идти корабль вперед.

Отметим одну особенность. В примере с лодкой «посредником» между лодкой, человеком и водой являются весла. Этот «посредник» в технике называется движителем. Им будет являться также гребное колесо парохода, гребной винт, пропеллер самолета, гусеница трактора и т. д. (Не следует путать термин движитель с двигателем. В приведенных примерах — на лодке — двигателем будет человек, на пароходе — машина, на самолете — мотор и т. д.) Постараемся запомнить эти примеры, в особенности роль «посредника» — движителя. С ним нам скоро придется встретиться.

Пример, иллюстрирующий третий закон механики, который мы привели выше, не единственный. Оказывается, что в соответствии с упомянутым законом можно получить движение и без движителя.

Вы выстрелили из ружья, пороховые газы вытолкнули заряд из ствола, а сила реакции, или реактивная сила, оттолкнула назад ваше ружье, т. е. она создала тягу, перемещающую ружье в обратную сторону движения пороховых газов. Эту тягу мы называем силой отдачи, под действием которой приклад ружья толкает нас при выстреле в плечо. Теперь возьмем ту же лодку и представим себе, что вы закрепили ваше ружье на ее корме, направив ствол в обратную сторону носа лодки, и оно непрерывно стреляет. Естественно, что после каждого нового выстрела под действием силы отдачи, т. е. реактивной силы, ружье, а вместе с ним и лодка, до сих пор стоявшая на месте, толчками будет двигаться вперед. Пока хватит запасов зарядов, ваша лодка будет двигаться. Такой принцип движения называется реактивным, а двигатели, построенные на этом принципе, т. е. вызывающие движение непосредственно, без движителя, называются двигателями прямой реакции.

Проверить действие реактивной силы можно также с помощью простого опыта. Если вы, встав лицом к корме, начнете бросать в воду камни, как толкают физкультурники ядро, то убедитесь в том, что лодка будет двигаться в сторону, обратную полету камня. Причем можно заметить, что чем бо́льшую скорость вы придаете

камням при бросании, тем быстрее будет двигаться лодка.

На основании приведенных выше примеров нетрудно понять и физический смысл возникновения реактивной силы, образуемой в ракетном двигателе при выбросе из его сопла в окружающее пространство газов. Возникающие от сгорания топлива газы мгновенно расширяются и давят на стенки и дно камеры сгорания. Но так как выход для них расположен как раз против дна камеры сгорания, то вся сила давления газов сосредоточивается на нем.

Таким образом, образовавшиеся в камере сгорания ракетного двигателя газы как бы отталкиваются от ее дна и с огромной силой толкают ракету вперед, образуя так называемую тягу ракеты, в то же время сами газы выбрасываются через сопло с огромной скоростью наружу, т. е. в противоположную сторону движения ракеты. Отсюда видно, что если горючее и кислород, необходимый для его сгорания, запасены на ракете, то она может двигаться и в безвоздушном пространстве.

Все видели сигнальные ракеты или ракеты, применяющиеся для фейерверка. Они-то и являются прообразом ракет, которые полетят в космос.

Основным препятствием для космических полетов служит земное притяжение. Для того чтобы его преодолеть и выйти в пространство, где начнет преобладать притяжение планеты, на которую мы летим, нужны колоссальные количества энергии. Даже для запуска спутника весом 45 кг на орбиту, удаленную от Земли на расстояние 300—500 км, необходимо затратить энергию, соответствующую 4—5 дням работы Днепрогэса. На первый взгляд это может показаться неосуществимым. Однако уже во время второй мировой войны немецкие ракеты «Фау-2», бомбардировавшие Лондон, имели двигатель мощностью 500 000 л. с., работавший, правда, всего около одной минуты. Сейчас ракеты такого типа значительно усовершенствованы, и мощности, которые развивают их двигатели, значительно выше и измеряются миллионами лошадиных сил.

В чем же заключается особенность этих двигателей невиданной мощности? Чем они отличаются от всех известных паровых машин или дизелей?

2. Реактивные двигатели и их разновидности

Возьмем, например, самый совершенный авиационный поршневой двигатель. Он также развивает довольно большие мощности, компактен, не особенно тяжел. Тем не менее для космических полетов он не пригоден. Дело в том, что для его работы необходим кислород, содержащийся в атмосфере. А наша ракета предназначена для полета в пространстве, лишенном атмосферы. Что касается паровой машины или дизеля, то для их работы точно так же требуется кислород атмосферы, не говоря уже о том, что их вес на единицу развиваемой мощности весьма значителен.

Напомним еще одно важное обстоятельство. Корабль или самолет двигается потому, что гребной винт или винт самолета, вращаясь, отталкивается от воды или от воздуха и заставляет тем самым двигаться их вперед. Но ведь в космосе нет воздуха, стало быть винт, вращаясь там, не смог бы создать тяги. Поэтому единственным возможным двигателем для космических полетов является реактивный двигатель, для работы которого нет необходимости в плотной окружающей среде, т. е. в атмосфере. Правда, не все виды реактивных двигателей обладают возможностью работать в безвоздушном пространстве.

Дело в том, что всякий реактивный двигатель вызывает движение какого-нибудь аппарата в результате приложения к нему силы реакции тяги, равной количеству движения отбрасываемого вещества. Если из ракеты в единицу времени выбрасывается масса m со скоростью Vr относительно камеры сгорания, то ракета испытывает тягу P, определяемую по формуле

$$P = m \cdot Vr. \qquad (3)$$

Для получения большой тяги, как видно из этой формулы, надо отбрасывать большую массу какого-нибудь вещества и с наибольшей скоростью. По тому, откуда берется эта отбрасываемая масса, различают два типа реактивных двигателей: ракетные двигатели, при работе которых происходит отбрасывание вещества, находящегося в самом перемещающемся аппарате, и воздушно-реактивные, в которых отбрасывается захваченная двигателем и ускоренная внутри аппарата при помощи различных механических или тепловых устройств

атмосфера, окружающая этот аппарат. Для доставки ИСЗ на его орбиту в нижних слоях атмосферы можно использовать воздушно-реактивные двигатели. В верхних слоях атмосферы могут быть использованы только ракетные двигатели. Для межпланетных кораблей ближайшего будущего единственными двигателями являются ракетные. Такими двигателями могут быть пороховые, жидкостные, атомные, ионные или фотонные. Первые два типа ракетных двигателей реально существуют и доведены до такого совершенства, что с их помощью ученые могут запускать искусственные спутники Земли. Следующие три типа ракетных двигателей являются перспективными, практическое осуществление их зависит от общего уровня развития техники будущего. Но уже сейчас разработкой атомных ракетных двигателей усиленно занимаются многие страны мира, и, видимо, очень скоро мы узнаем о полете ракеты с атомными ракетными двигателями.

В дальнейшем рассмотрим, как устроены ракетные двигатели и ракеты.

Циолковский впервые изложил научные основы реактивного движения и создал точную теорию ракеты, позволившую объективно оценить возможности этого способа перемещения. Он в аналитической форме установил связь между скоростью, приобретаемой ракетой, скоростью истечения газов из сопла двигателя, полным весом ракеты и весом несомого топлива. Эта фундаментальная формула носит имя Циолковского.

В ходе своих научных исследований Циолковский пришел к ряду замечательных выводов и доказал возможность достижения с помощью ракет на жидком топливе космических скоростей, достаточных не только для создания искусственных спутников Земли, но и для полетов к любым планетам солнечной системы.

Приоритет Циолковского в создании теории реактивного движения, научных основ ракетной техники и планов покорения космоса неоспорим. Эти работы Циолковского были подтверждены и дополнены аналогичными научными исследованиями, появившимися много позже за рубежом, а именно: во Франции — Эно Пельтри в 1913 году, в Америке — Робертом Годдаром в 1919 году, в Германии — Германом Обертом в 1923 году и другими учеными.

Циолковский заложил прочный теоретический фундамент в новой области науки и техники. Его ученики и последователи, опираясь на помощь партии и правительства, приложили немало труда, чтобы вызвать к жизни многое из того, что предвидел Константин Эдуардович. В результате в нашей стране создана реальная научно-исследовательская, опытно-конструкторская и промышленная база для успешного развития ракетной техники.

Предстоит еще колоссальный и длительный труд в ряде отраслей науки и техники, прежде чем идеи великого русского ученого превратятся из сказочной перспективы в явь. Но развиваются эти идеи по правильному пути, и мы твердо верим, что еще нам доведется быть свидетелями первых шагов покорения человеком мирового пространства.

Наряду с учеными различных стран мира значительный вклад в создание и развитие реактивных двигателей и теории реактивного движения был сделан нашими учеными. Так, например, теория реактивного движения, разработанная выдающимися русскими учеными К. Э. Циолковским, Н. Е. Жуковским, а также И. В. Мещерским, Ф. А. Цандером и другими, стала фундаментом реактивной техники.

В данной книге нет необходимости перечислять все труды К. Э. Циолковского, они в 1955 г. опубликованы в специальном сборнике Академии наук СССР, издается собрание сочинений его трудов. Ученики Циолковского, советские инженеры и ученые, развили его идеи и усовершенствовали его схемы, вписали в историю развития реактивной техники имя своего учителя как родоначальника ракет дальнего действия и жидкостных ракетных двигателей.

На рис. 5 представлена элементарная схема ЖРД с баллонной системой подачи компонентов топлива и пиротехническим зажиганием.

ЖРД состоит из следующих основных конструктивных элементов и систем: камеры сгорания, где происходит подготовительный процесс и процесс сгорания топлива; сопла, в котором тепловая энергия продуктов сгорания преобразуется в кинетическую энергию газов, истекающих из двигателя; системы питания, обеспечи-

вающей подачу компонентов топлива в камеру сгорания (система питания включает в себя: баки с горючим и окислителем, баллоны с сжатым инертным газом, парогазогенератор, насосы, трубопроводы, форсунки и т. д.); системы охлаждения камеры сгорания для пламенных ЖРД, в которых температура превышает 2500° К; системы управления, которая обеспечивает правильный запуск двигателя и режим его работы (сюда относятся различные краны, клапаны, редукторы, дроссели, пусковые пробивные мембраны и т. д.); системы зажигания, обеспечивающей воспламенение компонентов топлива в камере сгорания в момент запуска двигателя.

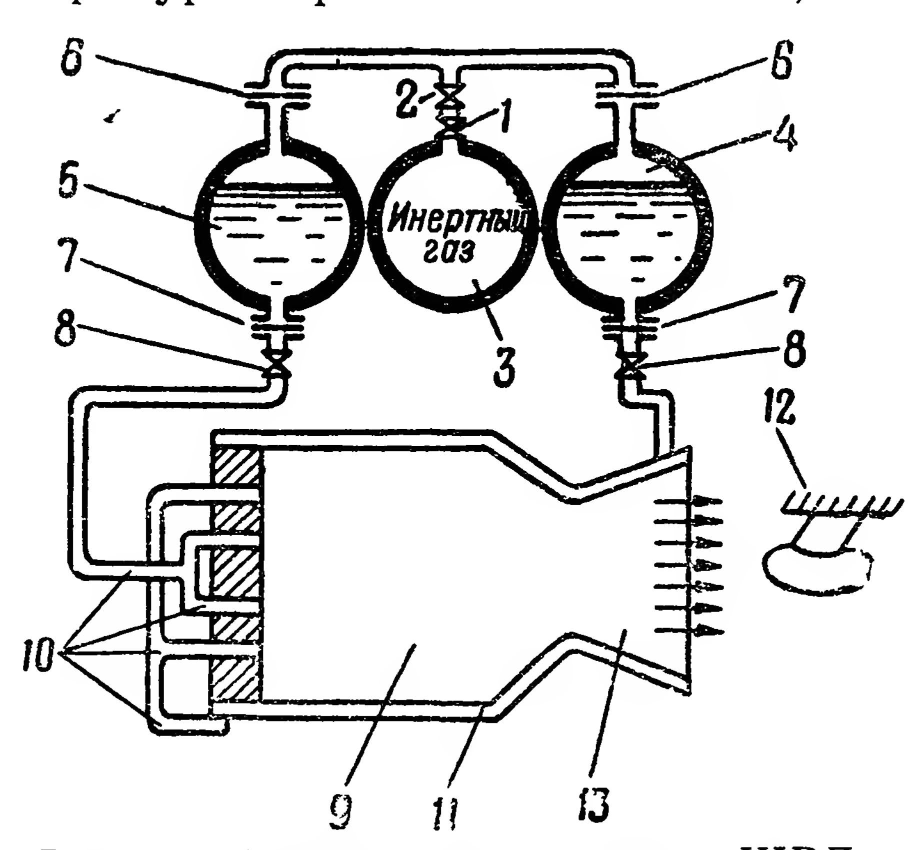


Рис. 5. Элементарная схема ЖРД с баллонной системой подачи топлива:

1 — управляемый пневмоэлектроклапан; *2* — редуктор; *3* — баллоны с сжатым инертным газом; *4* — бак с окислителем; *5* — бак с горючим; *6* и *7* — пусковые мембраны; *8* — вентиль; *9* — камера сгорания; *10* — форсунки; *11* — охлаждающий тракт; *12* — зажигательное устройство; *13* — сопло

Запуск ЖРД производится с помощью управляемого пневмоэлектроклапана *1*, который, открываясь, одновременно включает зажигательное устройство *12*. Сжатый до 300 атм инертный газ поступает из баллонов *3* через редуктор *2*, где давление понижается до 30 атм, и пусковые мембраны *6* в баки с горючим *5* и окислителем *4*. Под действием этого инертного газа горючее и окислитель через мембраны *7* и вентиль *8* подаются каждый по своему трубопроводу через форсунки *10* в камеру сгорания *9*. По пути в камеру сгорания один из компонентов топлива проходит по охлаждающему тракту *11* камеры сгорания и сопла. Распыление и смешение компонентов топлива происходит только в камере сгорания во избежание взрыва. Компоненты топлива подаются в камеру сгорания в заданном весовом отношении.

В результате преобразования в сопле *13* тепловой энергии газов в кинетическую энергию возникает тяга двигателя, сообщая ускорение ракете, на которой двигатель установлен.

3. Жидкостные ракетные двигатели

Уже в 1931 году советским инженером Ф. А. Цандером был сконструирован, построен и испытан первый жидкостный ракетный двигатель. В те же годы состоялись успешные полеты жидкостной ракеты, сконструированной советским ученым М. К. Тихонравовым. Камеру сгорания, выдерживающую высокие температуры, изобрел в 1929 г. советский инженер П. И. Шатилов, чем ускорил создание конструкции жидкостного ракетного двигателя. Дальнейшее усовершенствование конструкции ЖРД принадлежит советским инженерам Л. С. Душкину и А. М. Исаеву. Теория жидкостных ракетных двигателей разработана Ф. А. Цандером, И. И. Кулагиным и другими советскими инженерами и учеными.

Жидкостные ракетные двигатели в подавляющем своем большинстве могут быть либо с насосной системой подачи компонентов топлива в камеру сгорания, либо с баллонной системой подачи. Вторая является наиболее простой и применяется для двигателей сравнительно небольших ракет. Первая применяется в ракетных двигателях дальнего действия.

Выбор конкретной системы подачи топлива ракетного двигателя и ее составных частей определяется прежде всего назначением двигателя, его размерами, топливом, тягой, характером полета и продолжительностью работы, а также общими требованиями простоты конструкции, легкости изготовления, удобства эксплуатации и, главное, минимального веса.

Жидкостные ракетные двигатели работают или на жидких компонентах топлива или на одном жидком, применяемом в качестве горючего, а другом газообразном, используемом в качестве окислителя.

4. Устройство и принцип действия ЖРД стратосферной ракеты

В качестве примера реактивного двигателя с насосной системой подачи топлива в камеру сгорания рассмотрим ЖРД стратосферной ракеты.

К настоящему времени известно несколько типов высотных стратосферных ракет.

Чтобы пояснить устройство, а также принцип действия ЖРД стратосферной ракеты, приведем в качестве примера ЖРД, применявшийся в первой ступени стратосферной двухступенчатой ракеты (рис. 6), вторая ступень которой в 1954 г. достигла высоты в 425 км.

Принципиальная схема такого ЖРД с основными агрегатами показана на рис. 7. Этот двигатель работает на двухкомпонентном топливе, состоящем из обычного этилового спирта 75% крепости (горючее) и жидкого кислорода (окислитель), которые хранятся в двух отдельных больших баках. Запас топлива на ракете достигает свыше 9 т, что составляет почти $^5/_6$ общего веса ракеты. Как видно из приведенного выше рис. 7, по объему топливные баки составляют бо́льшую часть всего объема ракеты. Несмотря на такое большое количество топлива, его хватает только на 75—90 секунд работы двигателя, так как такой двигатель расходует свыше 125 кг топлива в секунду, развивая тягу в 25 т (на земле). Скорость истечения газов из сопла двигателя достигает более 2000 м/сек.

Как видно из рис. 7, основными частями двигателя являются шаровидная камера сгорания *4*, реактивное сопло *1*, парогазогенератор, турбонасосный агрегат для подачи топлива и система управления. Продукты сгорания расширяются в сопле двигателя до давления на выходе, равного 0,8 кг/см², и приобретают при этом большую скорость. Диаметр камеры сгорания в наиболее широкой части ее равняется 950 мм. Диаметр горловины сопла 410 мм, диаметр выходного сечения 740 мм. Длина двигателя составляет 1790 мм. Вес камеры сгорания с соплом 420 кг. В днище камеры сгорания расположено 18 горелок (форкамер) *3*, разрез камеры показан на рис. 8. Кислород, подаваемый насосом *16*, поступает внутрь горелок через трубопровод *5* в центральные форсунки, а спирт, выходящий из рубашки охлаждения, — через кольцо маленьких форсунок вокруг каждой горелки. Такая конструкция форкамер обеспечивает достаточно хорошее распыление и перемешивание топлива, необходимые для осуществления полного сгорания за то очень короткое время, пока топливо находится в камере сгорания (сотые доли секунды).

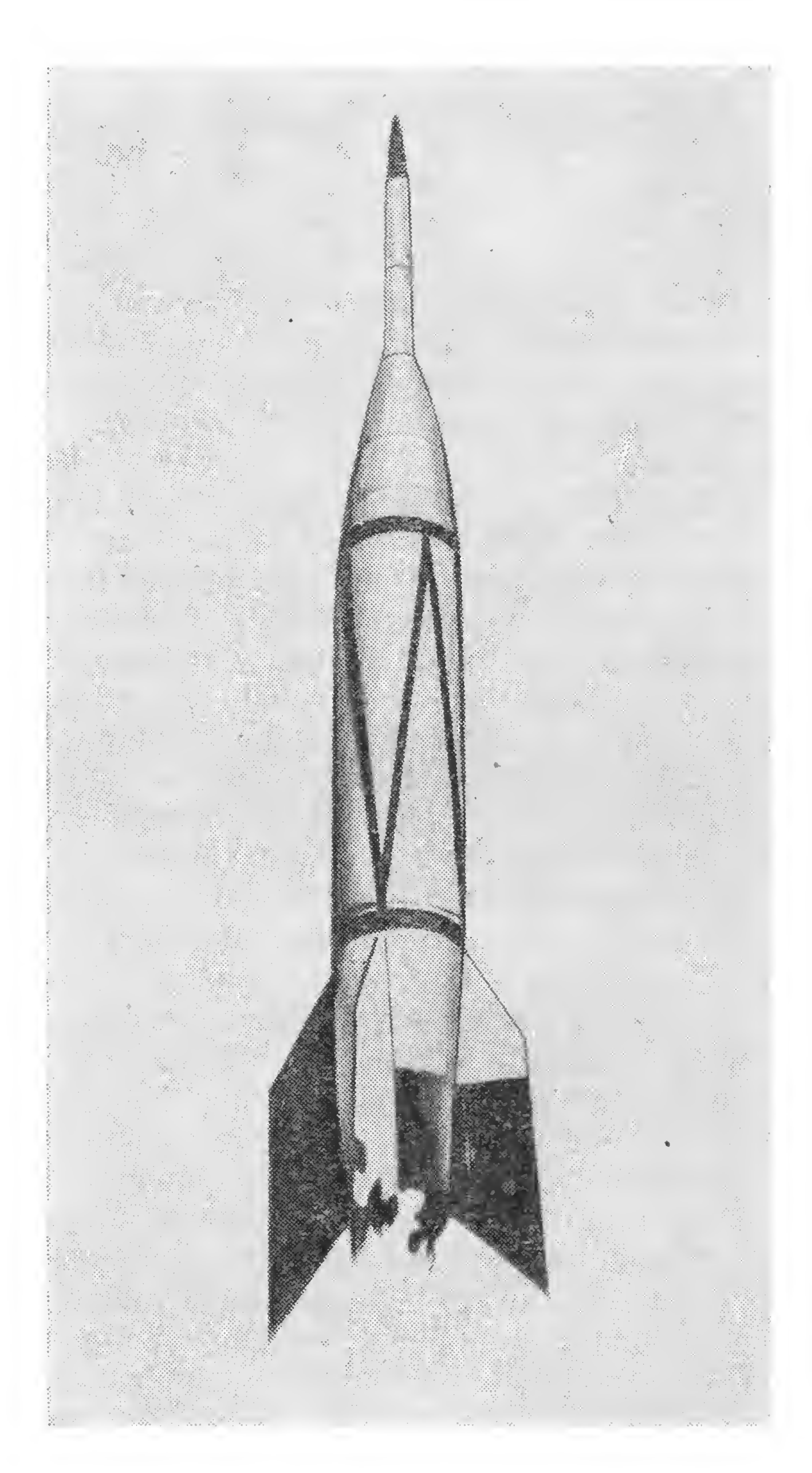


Рис. 6. Двухступенчатая высотная ракета

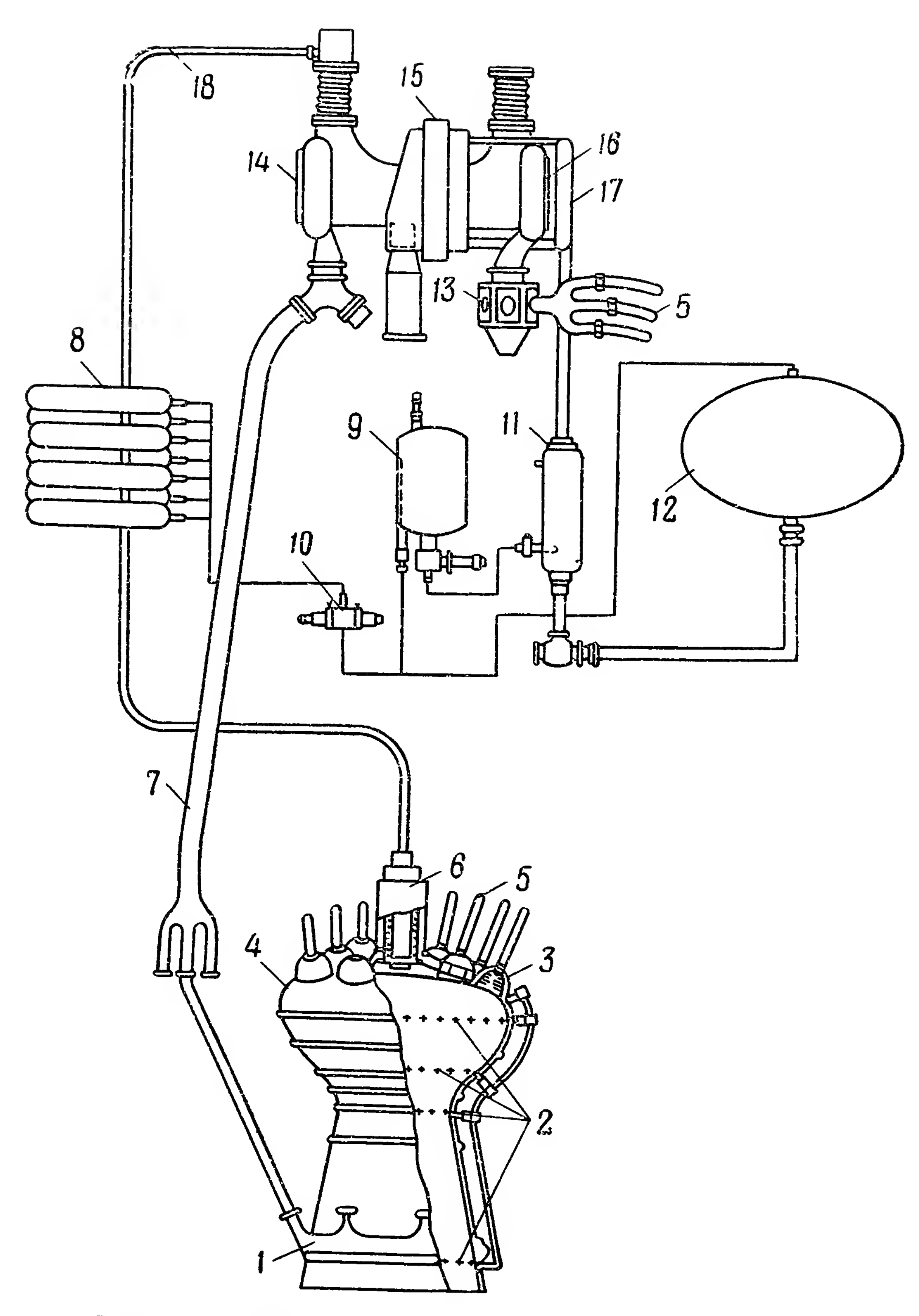


Рис. 7. Принципиальная схема жидкостного ракетного двигателя:

1 — сопло; *2* — система подачи горючего для внутреннего охлаждения; *3* — форкамера; *4* — камера сгорания; *5* — труба подвода жидкого кислорода к форкамерам; *6* — главный спиртовой клапан горючего; *7* — труба подвода горючего к рубашке охлаждения, *8* — баллоны высокого давления; *9* — бачок катализаторов; *10* — редуктор давления воздуха; *11* — реактор; *12* — бак перекиси водорода; *13* — главный клапан окислителя, *14* — насос горючего; *15* — турбина; *16* — насос окислителя, *17* — труба подачи парогаза в турбину; *18* — труба для отвода горючего в насос при остановке двигателя

Как следует из самого названия, в камере сгорания происходит сгорание топлива, т. е. преобразование химической энергии топлива в тепловую, а в сопле — преобразование тепловой энергии продуктов сгорания в кинетическую энергию струи газов, вытекающих из двигателя в атмосферу.

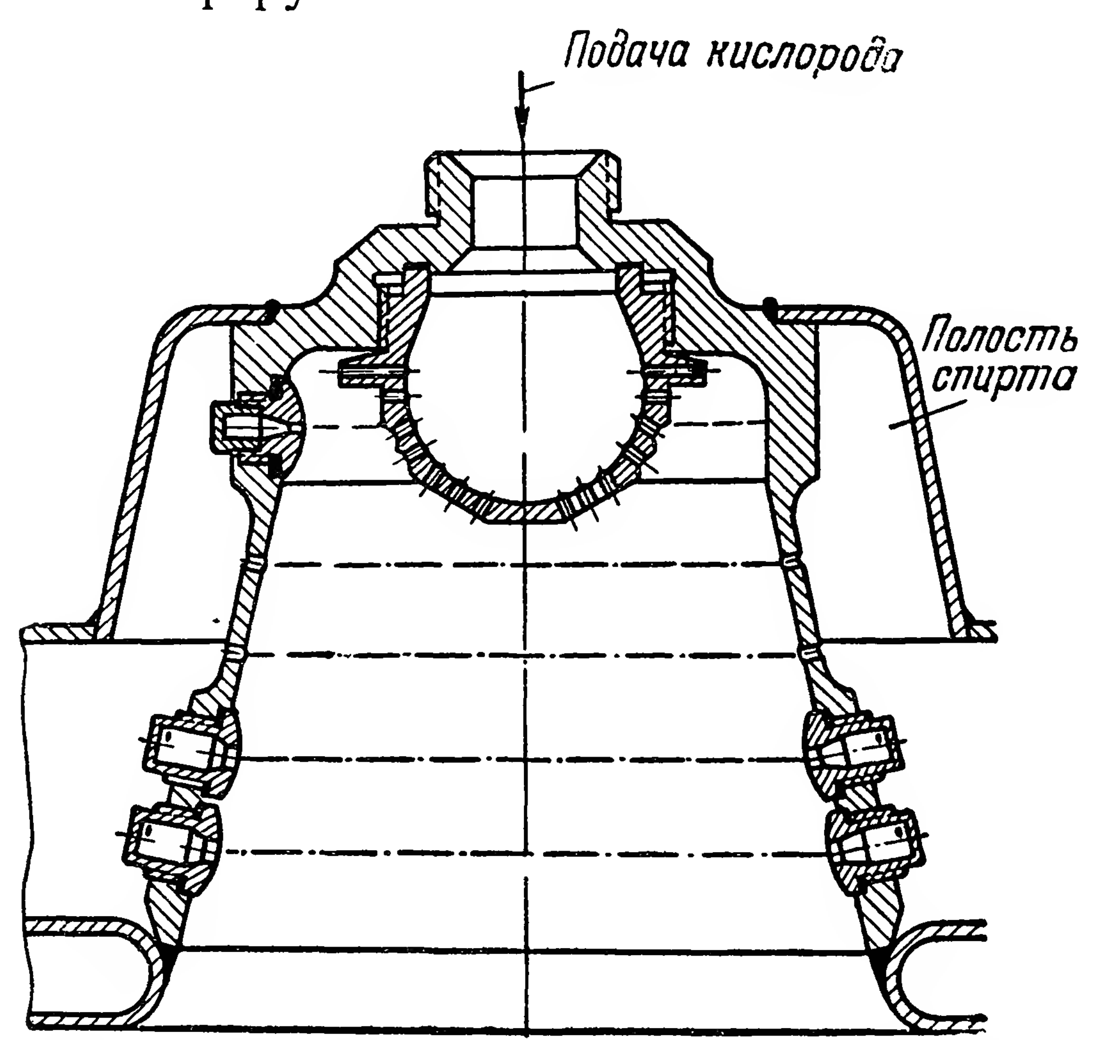


Рис. 8. Форкамера двигателя стратосферной ракеты

Давление в камере сгорания порядка 16—17 атм, а температура достигает 2400—2500° С, вследствие чего в камере сгорания возникает большая теплонапряженность, т. е. в ней выделяется огромное количество тепла в единицу времени. Камера сгорания ЖРД по теплонапряженности значительно превосходит все другие известные в технике топочные устройства — топки паровых котлов, цилиндры двигателей внутреннего сгорания, камеры сгорания воздушно-реактивных двигателей и др. Для сравнения скажем, что в камере сгорания ЖРД в секунду выделяется такое количество тепла, которое достаточно для того, чтобы вскипятить около 600 000 кг воды! Поэтому неохлаждаемые ракетные двигатели могут работать только в течение 25 секунд [1].

---

[1] См. Д. Саттон, Ракетные двигатели, Москва, Издательство иностранной литературы, 1952, стр. 150.

Для того чтобы камера сгорания при таком огромном количестве выделяющегося в ней тепла не вышла из строя, необходимо интенсивно охлаждать ее стенки, а также и стенки сопла.

Охлаждение двигателя осуществляется следующим образом.

Основная масса спирта, прежде чем попасть в форсунки, по трубопроводам *7* (см. рис. 7) подается в рубашку охлаждения, образованную двойными стенками камеры и сопла. Двигаясь со значительной скоростью по этой рубашке, спирт отбирает тепло от внутренних стенок камеры и сопла и охлаждает их. Эта система охлаждения, предложенная еще Циолковским, выгодна также и потому, что тепло, отведенное от стенок, не теряется и снова возвращается в камеру. Но одного только наружного охлаждения стенок двигателя оказывается недостаточно, и для понижения температуры стенок одновременно применяется охлаждение их внутренней поверхности. Для этой цели стенки в ряде мест имеют небольшие отверстия *2*, расположенные в нескольких кольцевых поясах, и через эти отверстия внутрь камеры и сопла поступает спирт (около 0,1 от общего его расхода). Холодная пленка этого спирта, текущего и испаряющегося на стенках, предохраняет их от непосредственного соприкосновения с пламенем факела и тем самым снижает температуру стенок. Несмотря на то, что температура газов, омывающих изнутри стенки, достигает 2500° С, температура внутренней поверхности стенок, как показали испытания, не превышает 1000° С.

Сжатие и подача топлива в двигателе производятся центробежными насосами *16* и *14*. Для привода насосов служит парогазовая турбина *15*. Турбина и два насоса, объединенные общим валом, образуют турбонасосный агрегат. Мощность турбонасосного агрегата 465 л. с., вес 160 кг.

Необходимый для работы турбины парогаз вырабатывается в парогазогенераторе путем разложения концентрированной перекиси водорода H_2O_2. При разложении перекиси водорода выделяется количество тепла, достаточное для нагрева продуктов разложения до 400—500° С (в зависимости от концентрации перекиси водорода). Надежное и быстрое разложение перекиси водорода происходит в присутствии катализатора. Таким

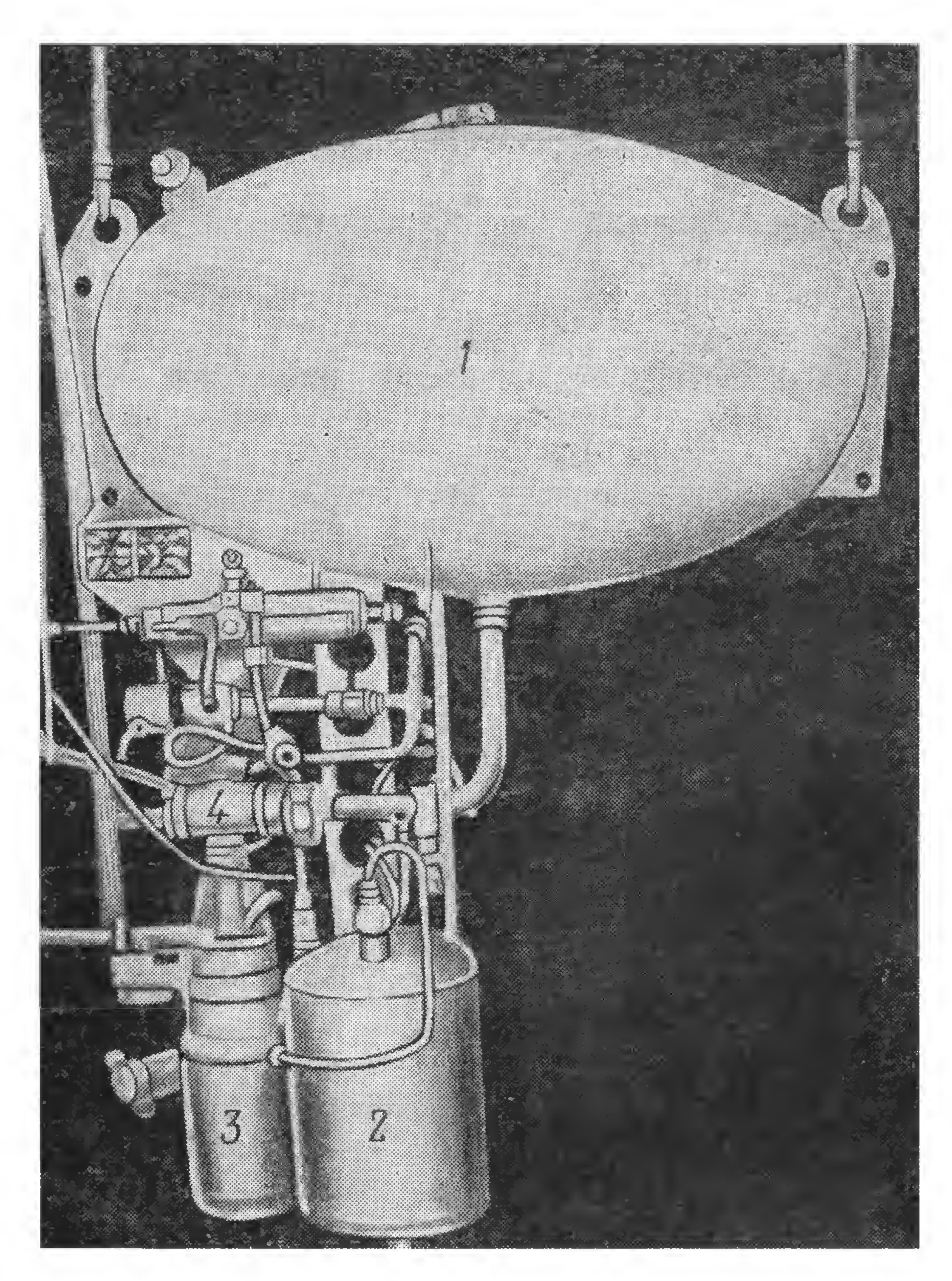


Рис. 9. Парогазогенератор стратосферной ракеты:
1 — бак перекиси водорода; *2* — реактор; 3 — бачок с раствором перманганата; *4* — редуктор

катализатором служит концентрированный раствор перманганата калия $KMnO_4$.

Парогазогенератор (рис. 9) включает в себя бак перекиси водорода *1* и бачок с раствором перманганата *3*. Эти вещества подаются в реактор *2* путем вытеснения их из баков сжатым воздухом. Запас сжатого воздуха помещается в баллонах *8* (на рис. 7). Перед поступле-

нием в баки парогазогенератора давление воздуха снижается в редукторе *4*. В парогазогенераторе вырабатывается в секунду 2 кг парогаза, что обеспечивает необходимую мощность турбины. Вес парогазогенератора со всей необходимой арматурой составляет 148 кг.

Таким образом, ЖРД подобной стратосферной ракеты относительно прост, в особенности при сравнении его с обычными поршневыми авиационными двигателями. В силовой схеме этого ЖРД (как, впрочем, и других ЖРД) почти полностью отсутствуют движущиеся части. Правда, по сравнению с другими ЖРД этот двигатель имеет сложную систему управления и регулирования.

Как же работает такой двигатель? Чтобы ответить на этот вопрос, начнем с запуска.

Так как смесь кислорода со спиртом не является самореагирующим топливом, т. е. не может самовоспламениться, то для начала горения необходимо предусмотреть какую-либо систему зажигания. В данном типе ЖРД система зажигания состоит из электрозапального факела, с помощью которого зажигаются пиропатроны, закрепленные на плоскости вращающегося круглого столика, установленного внутри камеры сгорания так, что реактивная сила вытекающих из них газов заставляет этот столик вращаться. Благодаря этому вращению раскаленные продукты сгорания пиропатронов равномерно заполняют камеру двигателя и прогревают ее. При достижении необходимого прогрева (спустя 2—3 секунды после начала запуска) перегорает магниевая полоска, расположенная в самом недоступном для прогрева месте камеры. Это является сигналом к продолжению запуска. Посредством электропневматической системы приоткрываются на 2—3 мм главный спиртовой клапан *6* (см. рис. 7) и главный клапан окислителя *13*. Спирт и кислород самотеком начинают поступать в камеру сгорания в сравнительно небольших количествах. Топливо, попадающее в двигатель, воспламеняется от горячих пороховых газов, и горение становится более интенсивным. Через 2—3 секунды достигается устойчивое горение топлива. Вслед за этим можно увеличивать подачу топлива. Для этого оператор, запускающий ракету, с помощью электропневматической системы включает в работу парогазогенератор и турбонасосный агрегат.

Пары воды и газообразного кислорода, вырабатываемые парогазогенератором, приводят во вращение колесо турбины и затем выбрасываются в атмосферу. Мощность турбины затрачивается полностью на привод обоих топливных насосов (кислородного и спиртового). Эта мощность значительна — при 4000 об/мин колеса турбины она достигает 500 л. с.

Через 1—2 секунды после начала работы турбонасосного агрегата расход топлива в камере сгорания достигает номинального значения 125 кг/сек, тяга возрастает до 25 т, и ракета взлетает. Таким образом, от момента зажигания запального факела до того, как двигатель разовьет полную тягу, проходит всего несколько секунд.

Интересно отметить, что к моменту выключения двигателя, т. е. приблизительно через 70 секунд полета стратосферной ракеты по пологой траектории, ее скорость полета достигала примерно 5500 км/час, т. е. 1525 м/сек. В этот момент двигатель развивал мощность почти в 600 000 л. с.

Не менее интересной технической характеристикой этого ЖРД является его ничтожный вес по сравнению с развиваемой им тягой. При весе двигателя около 1000 кг его тяга достигает 25 т, так что удельный вес двигателя, т. е. вес, приходящийся на единицу тяги, равен всего только $\frac{1\,000}{25\,000} = 0{,}040$ кг/кг [1]. Для сравнения укажем, что обычный поршневой авиационный двигатель имеет удельный вес 1—2 кг/кг, т. е. в 25 раз больший. Весьма важно также и то, что удельный вес ЖРД не изменяется при изменении скорости полета, тогда как удельный вес поршневого двигателя быстро растет с ростом скорости в связи с уменьшением тяги, развиваемой поршневым двигателем. К настоящему времени осуществлено большое количество разнообразных схем ЖРД, которые характеризуются следующими особенностями:

1. Компоненты топлива подаются в камеру сгорания одновременно, и горение продолжается непрерывно.

2. Протекание рабочего процесса не зависит от условий внешней среды, поэтому ЖРД могут развивать тягу

---

[1] К. А. Гильзин, От ракеты до космического корабля, Москва, Оборонгиз, 1954.

как в сравнительно плотной атмосфере, так и в безвоздушном пространстве.

3. Величина развиваемой двигателями тяги не зависит от скорости движения аппарата. С увеличением высоты полета тяга возрастает, достигая максимально возможной для данных размеров двигателя величины в пустоте; максимальную тягу двигатель может развить за очень малый промежуток времени.

4. Охлаждающей жидкостью является один из компонентов топлива, в большинстве случаев окислитель, весовой секундный расход которого для некоторых составов топлива значительно превышает расход горючего; тепло, воспринимаемое окислителем, вносится им вновь в камеру сгорания, поэтому потери при отдаче тепла стенкам незначительны.

5. Объем камер сгорания незначительный. Удельный вес двигательной установки невелик, порядка $0{,}04 \frac{\text{кг веса}}{\text{кг тяги}}$.

Этим двигателям свойственны и недостатки:

1. Большой весовой секундный и удельный расход топлива, значительно превышающий удельный расход топлива ВРД (воздушно-реактивного двигателя), а именно порядка $18 \frac{\text{кг веса}}{\text{кг тяги}}$, что определяет сравнительно малое время действия (в большинстве выполненных конструкций в пределах одной минуты).

2. Агрессивность к металлам компонентов топлива вызывает затруднения при их хранении и использовании.

3. Сложность осуществления и регулирования подачи компонентов топлива и систем зажигания.

5. Пороховые ракетные двигатели

Другим типом ракетных двигателей, который применяется в настоящее время в ракетах для исследования верхних слоев атмосферы и может быть использован при запуске ИСЗ, является пороховой ракетный двигатель (сокращенно ПРД). Такой двигатель издавна используется в боевых пороховых ракетах. Следует отметить, что русские пороховые ракеты по своим тактическим свойствам всегда значительно превосходили иностранные образцы. Уже в 1815 году талантливый офицер русской армии А. Д. Засядко приступил к созданию боевых

ракет. Ракеты генерал-майора А. Д. Засядко использовались в бою и показали хорошую маневренность, дальнобойность и меткость, обеспечившие им значительный боевой успех. В середине 19-го века ракеты значительно усовершенствовал генерал-лейтенант К. И. Константинов, талантливейший изобретатель и ученый. Так, им были значительно усовершенствованы станки для производства ракет, устройства для пуска ракет и повышены боевые свойства самих ракет. Дальнейшее развитие пороховых ракет было в центре внимания русских и советских ученых. Широко известно, что прославленные гвардейские минометные части покрыли советское реактивное оружие неувядаемой славой.

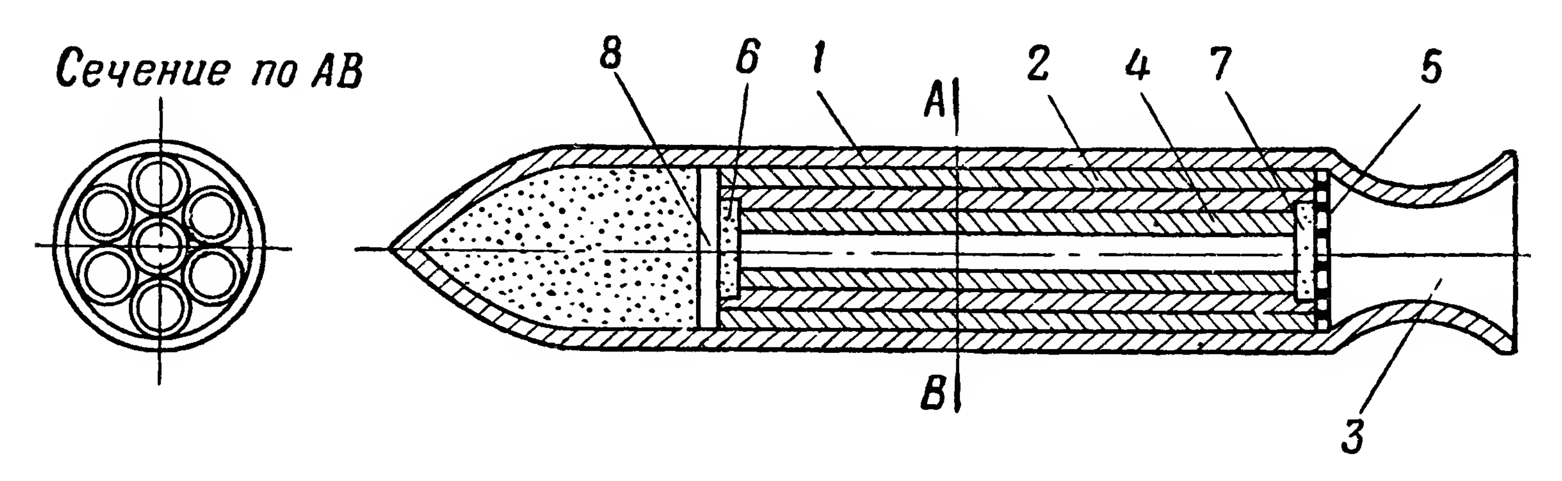


Рис. 10. Пороховой ракетный двигатель:

1 — корпус ракеты; *2* — камера сгорания; *3* — сопло двигателя; *4* — заряд пороха (пороховые трубки); *5* — диафрагма; *6* — передний воспламенитель; *7* — задний воспламенитель; *8* — отверстия решетки

Пороховой ракетный двигатель (рис. 10) является самым простым по своему устройству из всех известных нам типов ракетных двигателей. Основными конструктивными элементами его являются: корпус *1*, камера сгорания *2*, сопло *3*, заряд пороха *4* и диафрагма *5*. Так как, в отличие от других реактивных двигателей, в ПРД весь запас топлива сосредоточен в самой камере сгорания, то и размеры ее определяются количеством содержащегося в ней пороха, необходимого для обеспечения расчетной дальности полета ракеты. Сопло *3*, как и в любой ракете, предназначено для преобразования тепловой энергии пороховых газов в кинетическую энергию, которая определяет величину реактивной силы. Заряд пороха *4* состоит из пороховых трубок, или шашек, могущих иметь различную форму и плотность. При выборе формы, плотности и размеров пороховых шашек руководствуются необходимостью обе-

спечить более продолжительное их горение и постоянство давления в камере сгорания при переменном ее объеме. Диафрагма с отверстиями *5* удерживает пороховые шашки в камере в заданном положении. Передний воспламенитель *6* обеспечивает условия равномерного и надежного воспламенения всего порохового заряда, а задний воспламенитель *7* — начало воспламенения пороха. Дно камеры сгорания (отверстия решетки) *8* является местом приложения основной составляющей тяги.

Существуют два основных типа пороховых зарядов: с горением по части поверхности и по всей поверхности. В зарядах первого типа часть внешней поверхности покрывается веществом, препятствующим горению; вследствие этого горение такого заряда может происходить только по поверхности, не покрытой этим веществом. Заряды с горением по части поверхности горят, как сигарета, от одного конца до другого. Двигатели с этими зарядами обычно имеют бо́льшую длительность работы, чем с зарядами второго типа. Данные двигателей с зарядами обоих типов приведены в табл. 2. Некоторые заряды имеют частично ограниченную поверхность горения; в этих случаях химический состав, препятствующий горению, наносится лишь на некоторые грани заряда.

В процессе горения порохового заряда в камере сгорания давление возрастает от 100 до нескольких сотен атмосфер, а температура при этом превышает 2000° С. Поэтому камеру сгорания ПРД рассчитывают на высокие давления, в результате чего растут весовые характеристики двигателя, так как стенки ее приходится делать весьма прочными.

Растрескивание или разламывание пороховых шашек в процессе горения влечет за собой увеличение поверхности горения, повышение газообразования, а следовательно, и резкое местное возрастание давления, что может привести к взрыву камеры сгорания.

Нитроглицериновые пороха, применяемые в ПРД, обеспечивают скорость истечения газов порядка 2700 м/сек.

Порох в камере сгорания сгорает за время от нескольких десятых долей секунды до 100 секунд.

Таблица 2[1]

Сравнение основных типов пороховых ракетных двигателей

Характеристика	Заряд с горением по всей поверхности	Заряд с горением по части поверхности
Тяга в кг	От 200 до 27 000	От 50 до 2500
Продолжительность горения в сек.	От 0,05 до 10	От 3 до 100
Полный импульс в кг/сек	От 10 до 90 000	От 700 до 35 000
Область применения . .	Артиллерийские, авиационные, зенитные, ракетные снаряды, планирующие бомбы и сигнальные ракеты и т. д.	Стартовые двигатели, бустерные двигатели, высотные ракеты и последняя ступень для запуска искусственного спутника Земли
Вес в кг	От 1,3 до 900	От 9 до 600

Поверхность горения является важнейшим фактором всех пороховых двигателей, обусловливающим величину их тяги. Так как тяга двигателя равна произведению массы вытекающих в секунду газов на скорость их истечения, то получить большую тягу, очевидно, можно, увеличив вес вытекающих в секунду газов. В пороховом двигателе этого можно достигнуть увеличением поверхности горения. В свою очередь небольшую тягу при соответственно большей продолжительности работы можно получить, если поверхность горения мала. При данной величине камеры сгорания изменение поверхности горения можно осуществить только путем изменения геометрической формы и расположения пороховых зарядов. На рис. 11 показано несколько форм пороховых шашек ракетного заряда, применяя которые можно в известных пределах регулировать закон образования газов по времени.

[1] Дополненная автором таблица заимствована из книги Д. Саттон. Ракетные двигатели. Издательство иностранной литературы, 1952, стр. 287 (перевод с американского издания).

В двигателях с горением заряда по части поверхности заряд обычно занимает всю камеру сгорания и горит только по торцовой поверхности (рис. 11, *а*). Вследствие этого тяга оказывается пропорциональной величине площади поперечного сечения камеры, а продолжительность горения — пропорциональной длине заряда. Этот тип заряда позволяет использовать объем камеры сгорания наиболее полно. Заряды с горением по части поверхности имеют почти постоянную поверхность горения.

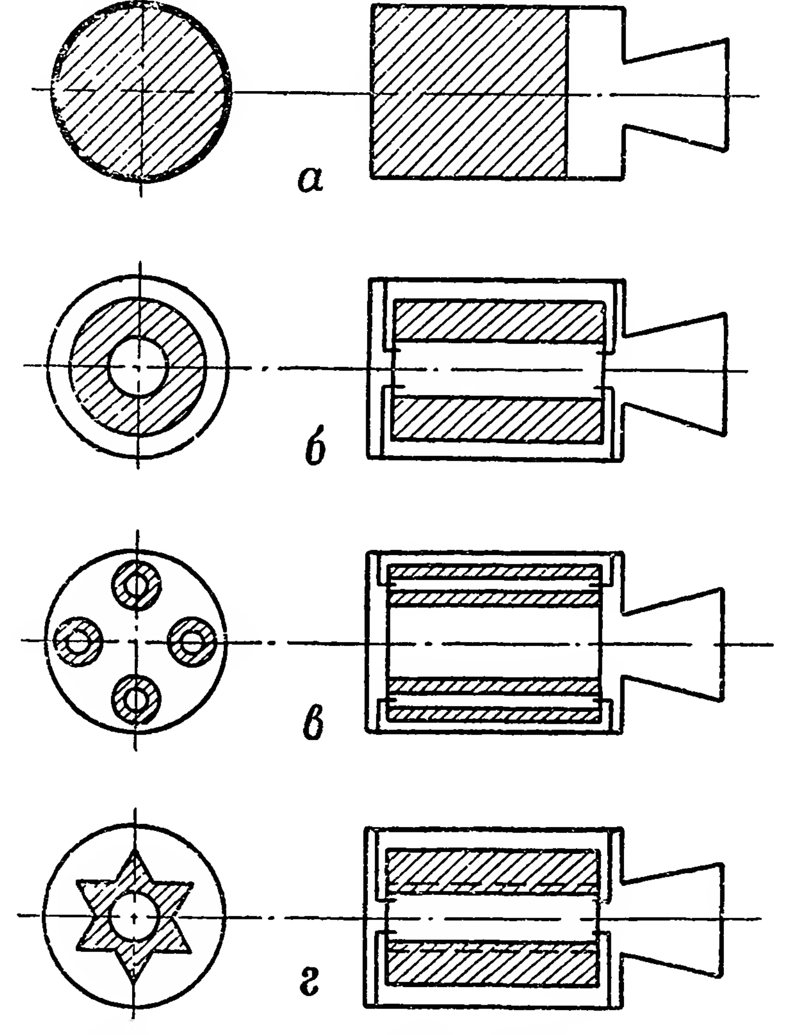


Рис. 11. Различные типы пороховых ракетных зарядов:

а — с горением заряда по части поверхности; *б* — с горением заряда по всей поверхности; *в* — многошашечный заряд; *г* — звездообразная форма заряда

Заряды с горением по всей поверхности обычно состоят из одного или нескольких цилиндров с кольцевым или специально профилированным поперечным сечением, как это показано на рис. 11, *б*. В случае применения полых цилиндрических шашек поверхность горения имеет почти постоянную величину, так как в этой шашке выгорание внешней цилиндрической поверхности приводит к уменьшению, а выгорание внутренней поверхности — к такому же увеличению горящей поверхности. Таким образом, изменение величины горящей поверхности происходит только из-за уменьшения поверхности торцов. Если шашка имеет большую длину, то влияние торцов на общую поверхность горения очень незначительно, и можно считать, что поверхность горения практически остается постоянной.

В некоторых случаях, например для получения большой скорости ракеты, необходимо бывает добиться быстрого сгорания пороха (за 0,1—0,3 секунды). В таких случаях увеличивают поверхность шашек и уменьшают их толщину. Заряд делают многошашечным (рис. 11, *в*). Применяются и другие более сложные формы шашек,

например, звездообразные, обеспечивающие нужное изменение горящей поверхности (рис. 11, *г*).

В ряде случаев требуется получить заряд с малой поверхностью горения, но горящий продолжительное время (десятки секунд). Это необходимо, например, для пороховых аккумуляторов давления. Для замедления горения применяют так называемые бронированные шашки. В этих шашках часть поверхности пороха покрывается пластмассой, которая не горит сама и предохраняет от загорания покрытую ею поверхность шашки.

Пороховые ракетные двигатели имеют следующие отличительные черты и особенности:

а) развивают большой импульс в очень короткое время — в десятые доли секунды;

б) имеют большую скорость горения пороха (20—25 м/сек), в результате чего они, как правило, кратковременного действия;

в) имеют большое отношение тяги к первоначальному весу;

г) горючее двигателей имеет малую теплотворную способность — 800—900 ккал/кг;

д) просты в изготовлении и в обращении.

Вследствие незначительного времени работы ПРД пороховые ракеты в большинстве случаев имеют малые дальности полета. Пороховые ракеты используются также в качестве стартовых ракет (бустеров).

В связи с разработкой новых типов порохов и особых конструкций пороховых ракет и других ракет, работающих на твердом топливе, в печати появлялись сообщения о применении таких двигателей в качестве третьей, последней ступени ракеты-носителя спутника Земли[1], а также в качестве основного двигателя для ракет, предназначенных для исследования верхних слоев атмосферы. Так, в апрельском номере английского журнала «Nature» («Природа») за 1956 г. (в т. 177, № 4510 на стр. 643—645) сообщалось, что английское королевское общество межпланетных сообщений совместно с министерством снабжения (ведающего всеми разработками и строительством управляемых и неуправляемых боевых ракет) предполагает принять участие в исследо-

---

[1] Американский журнал «Авиэйшн уик», том 24, № 13, 1956, март 26, стр. 33—34.

вании с помощью ракет верхних слоев атмосферы в течение Международного геофизического года и что для этой цели будет построена одноступенчатая неуправляемая ракета с двигателем на твердом топливе, работающем около 30 секунд. Сообщаются следующие тактико-технические характеристики этой ракеты: длина ракеты — 7—8 м, диаметр — 0,44 м. Стартовый вес свыше 1130 кг, причем основная часть веса приходится на топливо. Полезная нагрузка (приборы научных наблюдений) составит 68 кг. Максимальная высота подъема 167 км, а у последующих вариантов до 213 км. Так как ракета будет неуправляемой, то она может сильно отклоняться от намеченной траектории. Этот вопрос предполагалось выяснить во время испытаний ракеты на полигоне Вумера в Австралии. При выявлении значительных отклонений ракеты от намеченной траектории на ней предполагали дополнительно установить двигатель-ускоритель или небольшой ракетный двигатель для придания ракете вращения вокруг ее продольной оси в течение первых 5 секунд полета.

Примеры использования пороховых двигателей в третьей ступени ракет-носителей ИСЗ будут нами приведены ниже при описании возможных конструкций ракет-носителей и их запуска на орбиту ИСЗ.

Широко распространенными в авиации и боевых ракетах реактивными двигателями являются различные типы воздушно-реактивных и турбореактивных двигателей, которые могут работать только в атмосфере. Для целей запуска ИСЗ и межпланетных кораблей они могут быть использованы лишь при движении в нижних слоях атмосферы. Для осуществления полетов в верхних слоях атмосферы они неприемлемы, поэтому мы их рассматривать не будем и перейдем к краткому ознакомлению с ракетными двигателями, которые призваны совершить переворот в реактивной технике. Они еще не созданы, но могут быть созданы в самое ближайшее время. Безусловно, наиболее выгодным двигателем для полета в космическое пространство явится двигатель, использующий атомную энергию.

6. Атомные реактивные двигатели

Как уже говорилось, величина скорости отбрасываемой реактивным двигателем массы может служить

мерой качества реактивного двигателя. В атомных реактивных двигателях величина этой скорости в 3—4 раза больше, чем у самых совершенных современных жидкостных реактивных двигателей.

В рассмотренных нами выше жидкостных и пороховых ракетных двигателях источником энергии, создающим большие скорости истечения газов, являлась химическая реакция компонентов топлива. Источник энергии атомного двигателя гораздо мощнее, это процесс расщепления атомного ядра. Но сам этот процесс, как известно, не сопровождается образованием каких-либо газов, а, как мы уже говорили, тяга реактивного двигателя зависит от скорости вылетающих из сопла ракетного двигателя газов и от их массы. Следовательно, и в случае использования атомной энергии необходимо иметь какое-либо вещество (посредник), отбрасывая которое с большой скоростью, атомный двигатель сможет создать тягу. В качестве такого посредника можно использовать, например, воду.

В атомном котле она будет испаряться. Если же удастся найти материалы для деталей двигателя, которые могли бы выдержать температуру более 3000° С, то воду можно заставить еще и разлагаться на водород и кислород. При дальнейшем повышении температуры молекулы водорода и кислорода будут распадаться на атомы, что может увеличить объем получающегося газа почти вдвое. Ученые подсчитали, что по сравнению с обычным жидкостным реактивным двигателем, использующим керосин и кислород, при прочих одинаковых условиях, у атомного двигателя скорость истечения образовавшихся газов может доходить до 12 км/сек, а следовательно, и его тяга будет в 4 раза больше.

Что же это даст? Это примерно в 4 раза уменьшит расход газа, необходимого для получения данной тяги, уменьшится вес «посредника», а следовательно, и вес самой ракеты, что приведет к уменьшению необходимой для движения тяги, зависящей от веса ракеты, и, стало быть, запасы «посредника» можно будет еще более ограничить.

Но при осуществлении такого ракетного двигателя придется столкнуться с необходимостью решить много сложнейших научных и технических проблем.

В новейшей специальной литературе указывается ряд подробностей теоретической разработки проблем применения атомных силовых установок в ракетах. Вследствие того, что сила тяги в ракете прямо пропорциональна $\sqrt{\frac{1}{M}}$, где M — среднее значение молекулярного веса истекающего газа, для ракет с атомной силовой установкой наиболее выгодно применять в качестве «посредника» легкие газы, как, например, водород или аммиак. На ракете они должны находиться в жидком виде, чтобы занимать меньший объем.

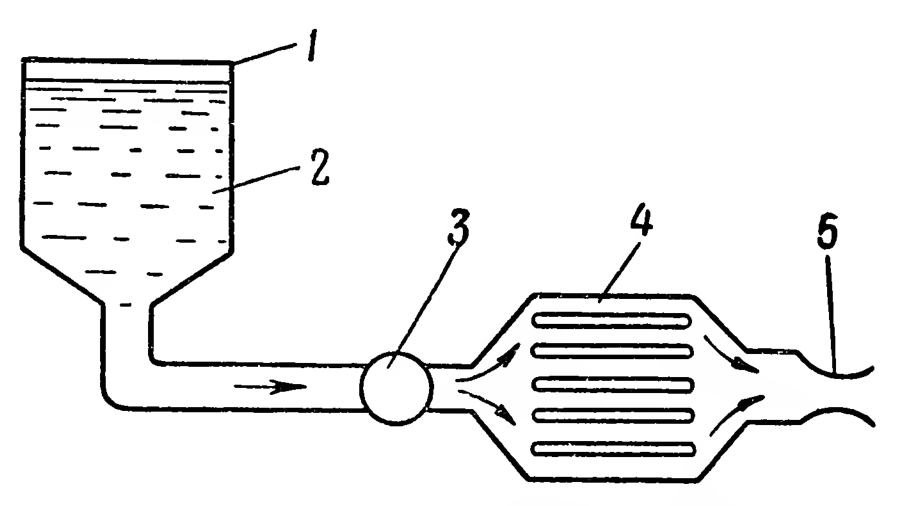


Рис. 12. Схема атомной установки с ракетным двигателем:

1 — резервуар; *2* — «посредник» (жидкость); *3* — насос; *4* — реактор; *5* — реактивное сопло

На рис. 12 показана упрощенная схема атомного реактивного двигателя.

«Посредник» (жидкость) *2* из резервуара для хранения его *1* подается в реактор *4* с помощью насоса *3*. Нагретые в атомном реакторе до высокой температуры газы с громадной скоростью вырываются из сопла *5*, создавая тем самым тягу двигателя.

На рис. 13 показано схематическое устройство трехступенчатой ракеты с атомной силовой установкой.

По мнению большинства специалистов, задачи, которые необходимо разрешить для успешного применения атомной энергии в ракетных силовых установках, сводятся к следующему:

— разработка конструктивных материалов, способных выдерживать высокие температуры без коррозии и изменения своих физико-химических свойств под воздействием мощных радиоактивных излучений;

— повышение теплоотдачи ядерного реактора;

— создание эффективного, легкого и небольшого по габаритам экрана для предохранения обслуживающего персонала от воздействия проникающей радиации;

— разработка эффективного дистанционного автома-

тического управления ракетным двигателем и системы его обслуживания;

— снижение стоимости изготовления и эксплуатационных расходов ракетных атомных силовых установок.

Велики трудности, которые придется преодолеть при создании такого двигателя. Однако вспомним, как немного времени прошло с момента первого практического применения атомной энергии, и тем не менее в СССР с 1954 г. работает первая в мире атомная электростанция. По директивам XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства в СССР строятся новые крупные атомные электростанции и спущен на воду ледокол «Ленин» с атомным двигателем. Развитие техники идет такими крупными шагами, что создание ракетного атомного двигателя, учитывая успехи советской атомной промышленности, дело совсем уже не такого далекого будущего.

Когда будет создан ракетный атомный двигатель, дело освоения космоса значительно продвинется вперед, и сейчас даже трудно предугадать масштабы, в которых оно развернется.

7. Ионные реактивные двигатели

Как было показано выше, увеличение скорости отбрасываемых масс позволяет увеличить тягу, уменьшить запасы посредника и вес ракеты. Однако и в жидкостных, пороховых и атомных двигателях неограниченно увеличивать тягу за счет увеличения скорости отбрасываемых масс не удается из соображений прочности материалов, из которых изготовляются камеры сгора-

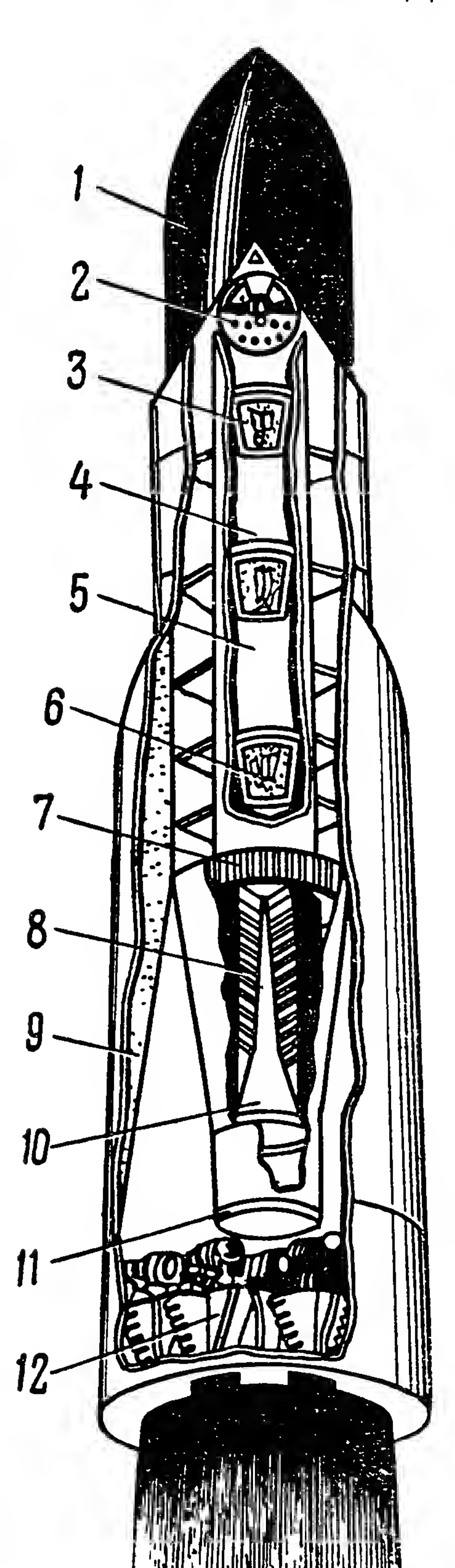


Рис. 13. Схема трехступенчатой ракеты с атомной силовой установкой:

1 — *АСУ,* развивающая силу тяги до 1000 т; *2* — *6* — помещения для экипажа и склады; *7* — направленный поток газов, управляемый гироскопическим устройством; *8* — турбопитательный насос реактора; *9* — дополнительные сбрасываемые баки горючего; *10* — сопло реактора; *11* — запасы горючего для насосов; *12* — двигатели для запуска ракеты, работающие на обычном топливе

ния. Конечно, ученые работали и работают над тем, чтобы повысить жаропрочность сплавов и керамических материалов, однако эта возможность ограничена. При определенных температурах все вещества начинают плавиться или испаряться. Применение охлаждения камеры сгорания не может вполне решить этой проблемы, так как охлаждение стенок камеры не должно сопровождаться одновременным понижением температуры исходящих газов (во всяком случае до известного предела), что технически трудно достижимо.

Были предложены двигатели, основанные на совершенно ином принципе, позволяющем резко повысить скорости газа, истекающего из сопла двигателя газа. Для этого предложили использовать применяемые в атомных физических лабораториях ускорители, в которых под действием электрического поля заряженные частицы приобретают колоссальные скорости. В качестве «посредника» в таком двигателе предполагают использовать элементы цезий или рубидий. Их пары, проходя через платиновую сетку, ионизируются, а затем положительные и отрицательные ионы приобретают раздельно ускорение. Выходя из ускорителя, они имеют одинаковую скорость, при встрече взаимно нейтрализуются и образуют быстролетящие молекулы газа.

Таким образом, для такого двигателя необходимо иметь источник электрической энергии. На космической ракете таким источником могут быть фотоэлементы, преобразующие солнечную энергию в электрическую.

Ионные двигатели, питающиеся от фотоэлектрической батареи, будут иметь довольно низкую тягу из-за большого рассеивания молекул и недостаточной мощности батареи. Однако этой тяги в космосе вполне будет достаточно для того, чтобы маневрировать ракетой и создавать большие скорости полета после того, как ракета преодолеет силу притяжения Земли. Такие двигатели, кроме всего прочего, требуют очень небольших запасов топлива; например, для полета с межпланетной станции, находящейся вблизи Земли, на орбиту Марса (на расстоянии 56 000 000 км) для 100-т ракеты может потребоваться всего 10 т топлива. Ионная ракета может достичь такой скорости, что за один год пролетит 175 млн. км.

Ионный реактивный двигатель, несмотря на то, что им можно будет пользоваться после преодоления тяготения Земли, интересен тем, что в нем не приходится сталкиваться с труднейшими температурными проблемами, а также потому, что он дает новые возможности увеличения скорости отбрасываемых масс, а следовательно, и тяги. Кроме того, такой способ для ракет с людьми не требует каких-либо сложных мер в отношении их защиты от радиации.

8. Атомно-ионные реактивные двигатели

Для получения значительной тяги ионно-реактивных двигателей требуется мощный источник электроэнергии, необходимый для ускорения большой массы ионов «посредника». Получение больших мощностей электроэнергии с помощью фотоэлементов, улавливающих радиацию Солнца, не представляется практически возможным. Поэтому представляет большой интерес сочетание двух двигателей — атомного, энергия которого затрачивается на работу электрического генератора, и ионно-реактивного, создающего тягу ракеты. В условиях ракеты запасы веществ должны быть ограничены, и непроизводительная их потеря не допускается, поэтому атомный двигатель должен работать по «замкнутому циклу». При этом рабочее вещество — теплоноситель, воспринимающее тепловую энергию в атомном реакторе, переносится в турбореактивный двигатель (например, паровую турбину). Здесь тепловая энергия, накопляемая теплоносителем, превращается в механическую энергию. Затем теплоноситель направляется обратно в атомный реактор, совершая процесс передачи энергии атомной реакции по замкнутому контуру без потери вещества — теплоносителя.

Турбореактивный двигатель приводит во вращение электрический генератор, энергия которого направляется в ускоритель ионов «посредника». Ионы «посредника», вылетающие из ускорителя с большой конечной скоростью, выбрасываются сопловым аппаратом наружу в окружающее ракету пространство, создавая тем самым реактивную тягу. По существу атомно-ионный двигатель представляет собой сочетание атомной электростанции

с ионным реактивным двигателем. Реализация подобной системы вполне возможна, о чем убедительно говорят достижения в области создания атомных двигателей для подводных лодок, кораблей и самолетов. Однако здесь встречаются огромные технические трудности, связанные с необходимостью существенного сокращения веса

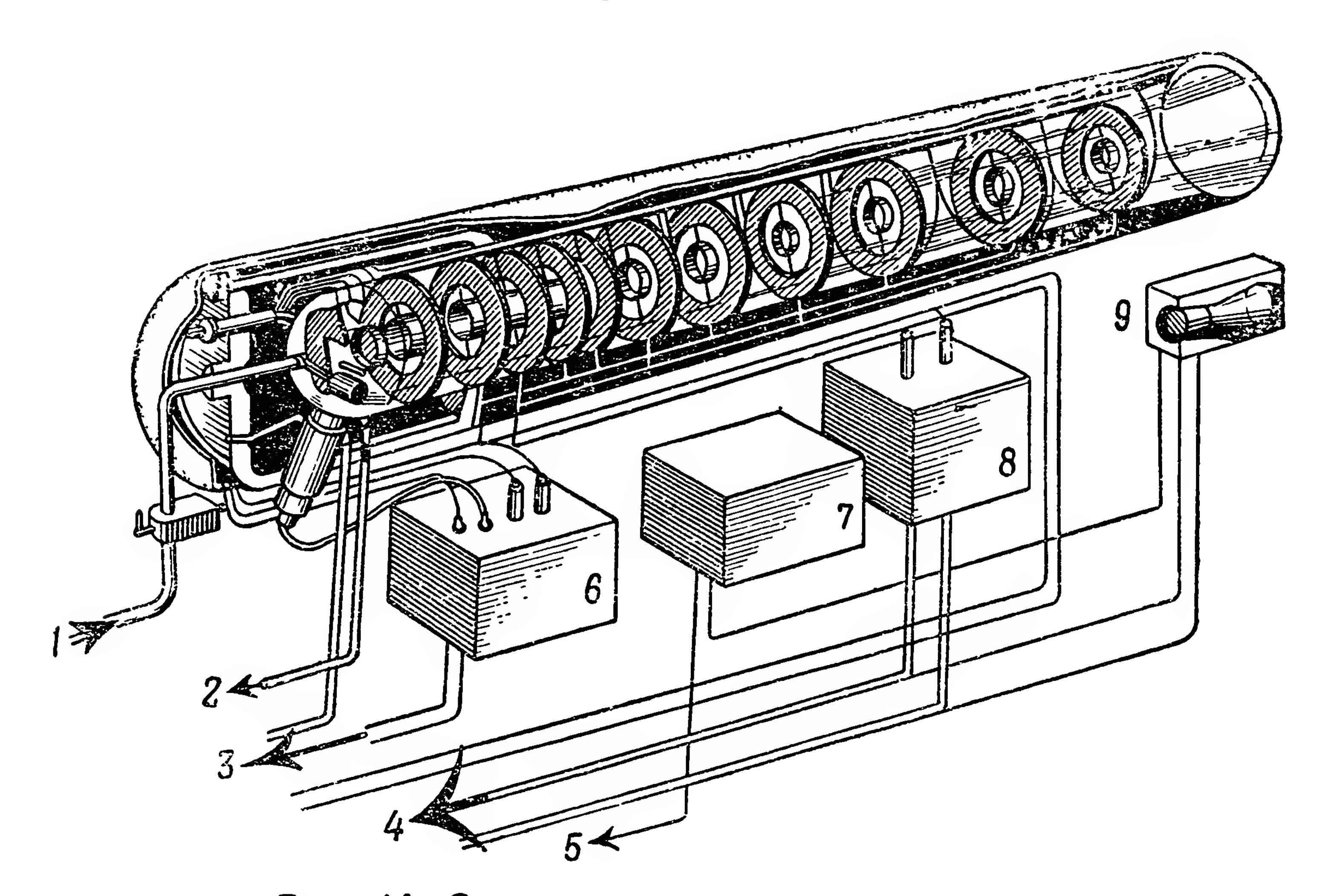


Рис. 14. Схема атомно-ионного двигателя:
1 — трубка подачи газообразных распыленных частиц; *2* — к вакуум-насосу; *3* — к теплообменнику; *4* — к электрогенератору; *5* — к пульту управления; *6* — генератор ионов; *7* — аппаратура управления; *8* — вибратор высокого напряжения; *9* — электронная пушка

и габаритов атомной электростанции для ракет. Существующие атомные электростанции еще слишком громоздки, имеют ряд сложных переходных устройств для превращения одних видов энергии в другие, а коэффициент полезного действия этих станций еще низок.

Другой проект атомно-ионного двигателя, основанного на принципе местного ускорителя элементарных частиц (рис. 14), был предложен сотрудником американской авиационной фирмы «Гудиебр эйркрафт» Дарреллом Ромиком [1].

---

[1] Американский журнал «Industrial and Chemistry» № 8, 1956, стр. 15—16.

По принципу Ромика в двигатель вводятся распыленные частицы (газ), где они подвергаются бомбардировке электронами из электронной пушки. Неионизированные частицы газа непрерывно удаляются из двигателя вакуум-насосом, а ионы посредством электродов и сеток электронной пушки направляются в ускоритель. Здесь мощные электроды, питаемые током высокого напряжения, до момента выхода ионов из двигателя разгоняют их несколькими последовательными толчками. Размещение электродов и фазы тока подобраны так, чтобы скорость частиц непрерывно возрастала. Истекающий из двигателя поток ионов и создает реактивную тягу.

Для того чтобы заряд, возникающий в пространстве при истечении ионов, не нейтрализовал тягу, рядом с основным соплом расположена электронная пушка, которая выбрасывает назад электроны, полученные при образовании ионов. Источником энергии для работы ускорителя может служить ядерный реактор или Солнце. Для полетов в пределах орбит, близких к Солнцу, вплоть до Марса можно использовать лучистую энергию Солнца; это значительно облегчит двигатель, так как при получении энергии от ядерного реактора требуется система защиты с большим весом. Как уже говорилось выше, ионный двигатель очень мало расходует распыленных частичек газа. Так, например, подсчитано, что для межпланетной ракеты общим весом в 1000 т потребуется расходовать 5,25 кг газа в час. Развиваемая номинальная тяга в 91 кг достаточна, чтобы при продолжительной работе двигателя (в течение 500 суток) максимальная скорость полета могла достигать 42 км/сек, или 3 650 000 км/сутки. Взлет и разгон ракеты с ионным двигателем будет обеспечиваться ракетными ускорителями с ЖРД на химическом топливе. Причем возможно по окончании их работы использовать те же камеры сгорания и для истечения частиц, нагретых ядерным реактором.

Одна из задач, возникающая при создании атомно-ионных двигателей для ракет, — разработка методов непосредственного превращения атомной энергии в электрическую, необходимую для работы ионных реактивных двигателей.

9. Топлива современных ракетных двигателей

Источники энергии для ракетных двигателей. Ракетный двигатель, как и всякий другой, не может работать без источника энергии.

Единственным источником энергии, используемым в настоящее время в ракетных двигателях, является химическая энергия. При работе двигателя эта энергия может выделяться в реакциях двух типов. Наиболее распространенной является реакция горения. Эта реакция используется в рабочих процессах большинства существующих тепловых двигателей.

В некоторых жидкостных ракетных двигателях используется также химическая энергия, получаемая в результате реакции разложения некоторых веществ, сопровождающаяся выделением тепла.

В своем сочинении «Космический корабль» Циолковский описывает планирующий спуск ракеты в атмосфере без затраты топлива, при возвращении ее по огибающей Землю спиральной траектории после заатмосферного полета.

Ученый отмечает особую важность создания обитаемого искусственного спутника Земли. Спуск со спутника на Землю, по замыслам Циолковского, совпадающим с современными представлениями, будет происходить практически без затраты топлива, путем планирования в атмосфере на специальном планере, пилотируемом летчиком или автопилотом. Их задача — погасить космическую скорость планера (около 8 километров в секунду) путем постепенного торможения атмосферой. Взлет с Земли на спутник должен происходить с помощью ракет. Таким образом будет поддерживаться связь со спутником, необходимая для переброски оборудования, средств питания, для смены экипажа (членов экспедиции) и другого обеспечения постоянного функционирования спутника, пока в отдаленном будущем на нем не будут созданы условия для автономного существования.

В работе «Космические ракетные поезда», изданной в 1929 году, Циолковский предлагает поезда, составленные из ракет. Эти ракеты последовательно работают и поочередно отбрасываются в полете по мере опорожнения их баков, чем достигается увеличение конечной скорости, приобретаемой последней ракетой поезда. С той

же целью Циолковский предлагал пускать группу ракет с поочередно работающими двигателями; по мере расходования топлива оно восполняется в части ракет путем переливания из других ракет, причем опорожнившиеся ракеты отделяются от группы.

В 1911—1912 годах в журнале «Вестник воздухоплавания» (Петербург) была опубликована статья, являющаяся продолжением работ Циолковского по ракетам. В этой статье, в частности, указывается на большие перспективы, открывающиеся перед ракетным летанием при использовании в качестве источника энергии для двигателя ядерных процессов и электронных или ионных двигателей.

Основная часть статьи посвящена плану завоевания и заселения мирового пространства человеком. Циолковский пишет: «Движение вокруг Земли ряда ракет со всеми приспособлениями для существования... может служить базой для дальнейшего распространения человечества». Константин Эдуардович считал, что основным источником энергии, обеспечивающим существование в неземных колониях, будет энергия солнечного излучения. Использование этой энергии должно также позволить выращивать растения в искусственной атмосфере в герметических прозрачных оранжереях.

Журнал, опубликовавший эту работу Циолковского, напечатал вместе с нею выдержку из его письма в редакцию, где говорится: «Человечество не останется вечно на Земле, но, в погоне за светом и пространством, сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околосолнечное пространство».

Общие сведения о ракетном топливе. В ракетных двигателях применяются однокомпонентные и двухкомпонентные топлива.

Однокомпонентным топливом являются такие вещества или смеси, которые в процессе химических превращений способны создавать массы отброса или рабочее тело для реактивного двигателя. К ним, например, относятся: нитрометан, азотпометиловый эфир, безопасные смеси горючего с окислителем.

Двухкомпонентное топливо (или топливо раздельной подачи) имеет наибольшее применение. Такое топливо может быть самовоспламеняющимся при смешении горючего с окислителем в камере сгорания. Если оно таким

свойством не обладает, то в системе двигателя необходимо иметь какое-либо зажигающее устройство.

Топливо должно обладать большой теплотворной способностью[1] и заданной удельной тягой[2].

Физико-химические свойства топлива должны обеспечивать безотказную, надежную и эффективную работу реактивного двигателя при всех заданных условиях эксплуатации.

Кроме того, топливо должно обладать наибольшим удельным весом и наибольшей газовой постоянной[3].

При выборе топлива учитывают экономические, производственные и эксплуатационные его качества.

Проблема топлива является одной из наиболее важных задач в развитии реактивной техники. В настоящее время трудно говорить о будущем топливе для реактивных двигателей, но освоение атомной энергии в СССР сулит большие возможности в разрешении этой задачи.

Возможность применения этой энергии для реактивных двигателей предусмотрел еще основоположник теории реактивного двигателя К. Э. Циолковский. Об огромнейших мощностях реактивных двигателей, необходимых для преодоления космической ракетой земного притяжения, Циолковский писал:

«Энергии взрывчатых веществ оказывается далеко не достаточно, чтобы хотя бы им самим приобрести скорость, освобождающую их от земного тяготения... Разло-

---

[1] Теплотворной способностью называется количество тепла, выделяющееся при сгорании 1 кг топлива. Чем больше теплотворная способность топлива, тем при прочих равных условиях больше скорость истечения и тяга двигателя.

[2] Каждый килограмм вытекающих в секунду газов создает тягу, численно равную $^1/_{10}$ от скорости истечения. Это тяга, носящая название удельной тяги, или удельного импульса (размерность удельной тяги кг/сек/кг), является основной характеристикой любого ракетного двигателя. Чем больше удельная тяга, то есть чем бо́льшую тягу создает каждый килограмм газов, вытекающих в секунду из двигателя, тем совершеннее двигатель.

[3] При определенных условиях объем образовавшихся продуктов сгорания пропорционален величине газовой постоянной R. Величина объема, который имеют продукты сгорания при нормальных условиях ($T = 291{,}16^\circ$ К; $P = 1$ кг/см^2), носит название газообразования. Она показывает, сколько литров продуктов сгорания образуется из 1 кг топлива при нормальных условиях. Чем больше эта величина, тем больше газовая постоянная (R) продуктов сгорания, тем меньше их молекулярный вес. Газообразование при горении топлива должно быть максимальным.

жение атомов и есть источник огромной энергии, в 400 000 раз больше самой мощной химической энергии» [1].

В нашей стране имеются все условия для широчайшего изыскания и применения многих видов топлива. Мы обладаем большими запасами различного сырья для получения топлива и имеем мощную машиностроительную промышленность, способную решить сложные задачи создания реактивного двигателя.

По мнению иностранных ученых, запуск первых искусственных спутников Земли показал, что в СССР создали такое горючее для ракеты, которое позволило достичь первой космической скорости.

По сообщению журнала «Бизнес уик», американские специалисты сделали также «тревожный вывод» о наличии у русских лучшего, чем в США, горючего, способного придавать ракетам такую огромную скорость. К тому же, сообщают они, в США еще нет и двигателей, приспособленных для использования этих видов горючего.

Перейдем теперь к рассмотрению ракет-носителей ИСЗ, оборудованных реактивными двигателями и автоматическим управлением.

Данные об орбите и движении советских спутников Земли приводят американцев к заключению, что русские применили в своей ракете систему управления, которая позволила вывести ракету-носителя на заранее вычисленную орбиту.

---

[1] К. Э. Циолковский, Исследование мировых пространств реактивными приборами (переиздание работ 1903 и 1911 гг.), Калуга, 1926.

Глава III

РАКЕТЫ-НОСИТЕЛИ ИСЗ

1. Требования, предъявляемые к ракетам-носителям

Говоря о возможности завоевания космоса и о задачах, которые предстояло решить перед запуском спутников Земли, мы отмечали, что в первую очередь необходимо было создать ракету, которая смогла бы развить скорость не менее 8 км/сек.

К. Э. Циолковский в 1903 г. получил формулу, по которой можно определить конечную скорость ракеты для идеального случая полета в пространстве, где отсутствует сопротивление воздуха и сила тяжести:

$$V_{max} = V_r \ln \frac{M_0}{M}, \qquad (4)$$

где V_{max} — конечная скорость ракеты;
V_r — скорость истечения газов из ракетного двигателя;
$\ln$ — знак натурального логарифма;
M_0 — начальная масса ракеты (перед взлетом);
M — масса ракеты после израсходования горючего.

Из формулы видно, что громадное влияние на скорость ракеты оказывает отношение взлетной массы к массе ракеты после израсходования всего топлива — число $\frac{M_0}{M}$. Это отношение принято называть числом Циолковского.

Например, при скорости истечения газов из сопла ракеты 3000 м/сек для достижения ракетой скорости 8 км/сек это число должно быть не менее 35 ÷ 40, а для конечной скорости 11,2 км/сек — 50 ÷ 55.

Для сравнения скажем, что если ведро наполнить до краев горючим, то отношение веса ведра с горючим к весу пустого ведра будет такое, какое требуется сохранить для создания ракеты-носителя, способной донести ИСЗ на его орбиту. Практически такую ракету создать невозможно. Наибольшее число Циолковского, полученное в современных одноступенчатых ракетах, не превышает 4,5. Единственным способом получения космических скоростей является применение составных, или, как их называют, многоступенчатых ракет.

При этом отдельные ступени последовательно вводятся в действие и по израсходовании топлива отделяются и падают на Землю. При этом, естественно, скорость ракеты все время нарастает, а масса ракеты уменьшается.

В носовой части последней ступени ракеты-носителя ИСЗ, если только она сама не должна стать искусственным спутником, необходимо иметь пространство для размещения ИСЗ, а также приспособление для выталкивания его в нужный момент на орбиту. Таким приспособлением могут быть обычные пружины, пневматическое устройство или пиропатроны.

Для придания аэродинамической формы носовой части ракеты, заключающей в себе спутник, можно также применять сбрасываемый или раскрывающийся защитный конус.

Из вышеприведенной формулы Циолковского видно, что для достижения орбитальной скорости при меньшем весе ракеты-носителя необходимы наибольшие скорости истечения газов. К этому и стремится современная реактивная техника.

Кроме указанного выше соотношения масс $\frac{M_0}{M}$, важнейшей технической характеристикой ракеты является удельный расход топлива ее двигателем. Чем меньше удельный расход топлива, тем меньше требуется топлива для достижения орбитальной скорости и, следовательно, тем меньше вес ракеты.

Удельный расход топлива современных ракет равен примерно 5 кг/м · сек, но он может быть снижен до 4,2 кг/м · сек. Удельный вес двигателей при насосной системе подачи топлива может быть доведен до 1,0 кг/м · сек. В ракете «Фау-2» удельный расход топ-

лива составлял 4,7 кг/м · сек, а удельный вес двигателя — 1,15 кг/м · сек. В первых вариантах высотных ракет «Викинг» удельный вес топлива составлял 4,2 кг/м · сек, а удельный вес двигателя — 0,95 кг/м · сек. Дальнейшее улучшение жидкостных ракет вполне возможно. На испытательных стендах в настоящее время достигнут удельный расход топлива, равный 3,3 кг/м · сек; проектируются ракеты с удельным весом двигателя 0,25 кг/м · сек. При использовании атомного двигателя его удельный вес может быть снижен до 10^{-7} кг/м · сек.

При проектировании ракеты-носителя ИСЗ особое внимание обращается на ее аэродинамические качества для получения большой конечной скорости ракеты. Правда, с увеличением размеров ракеты уменьшается относительное количество энергии, которое приходится тратить на преодоление сопротивления воздуха.

Однако это обстоятельство не снимает вопроса об уменьшении сопротивления воздуха в целом, и поэтому производятся тщательные исследования по совершенствованию форм корпуса ракет.

При взлете, особенно при прохождении через плотные слои атмосферы, отдельные части ракеты испытывают значительное давление воздуха.

При проектировании формы корпуса ракеты это обстоятельство учитывается таким образом, чтобы давление воздуха на каждую отдельную часть было возможно наименьшим.

Важным вопросом для ракет-носителей является нагрев корпуса вследствие трения о воздух [1], причем этот нагрев тем сильнее, чем выше скорость ракеты. Например, при скорости около 1 км/сек температура может достигнуть 400° С, а при увеличении скорости до орбитальной — 1000° С и выше. Поэтому стремятся к такой скорости на первом участке полета, чтобы в результате нагрева не нарушилась прочность конструкции ракеты. Характер движения ракеты-носителя таков, что на малых высотах, где плотность воздуха велика, скорость ракеты еще незначительна, и корпус ракеты не успевает нагреться. По мере нарастания скорости до орбитальной ракета достигает больших высот с сильно разреженной

---

[1] Журнал «Вопросы ракетной техники» № 1, 1955, стр. 7.

атмосферой, где нагрев корпуса от трения о воздух уже не может быть большим.

Мы указывали, что в будущем космические корабли, предназначенные для полета на Луну или планеты солнечной системы, могут отправляться со специальных космических станций, практически находящихся за пределами атмосферы. Если такие космические корабли будут собираться на этих станциях, то их форма, в смысле аэродинамических качеств, значения иметь не будет, так как они в полете не будут испытывать никакого сопротивления.

Мы много раз подчеркивали, какое значение имеет вес ракеты. Поэтому при разработке конструкции ракеты-носителя ИСЗ конструкторы проектируют ее таким образом, чтобы каждая отдельная деталь, каждый винтик имел минимальный вес. Особое значение приобретает при этом создание новых легких и прочных материалов.

2. Разновидности ракет-носителей ИСЗ и основные их характеристики

Раньше упоминалось, что забросить спутник на орбиту могут только многоступенчатые ракеты. (Вероятнее всего **трех- или четырехступенчатые).** Такая конструкция может быть осуществлена по-разному: во-первых, это могут быть три последовательно соединенные ракеты (рис. 15), причем первая ступень будет самой большой как по размерам, так и по весу, а последняя — самой малой; во-вторых, это может быть несколько ракет, последовательно соединенных между собою, но хвостовая часть каждой из них будет заходить в носовую часть следующей ступени ракеты (см. рис. 16); в-третьих, ступени могут быть заключены одна в другой, как бы надеты друг на друга (см. рис. 17), наконец, в-четвертых, многоступенчатая ракета может представлять собой обойму из отдельных ракет, расположенных рядом друг с другом.

Независимо от конструкции ступеней ракеты для экономии материалов и средств сейчас изучаются способы спасения ступеней ракеты после того, как они выполнят свою роль, то есть отделятся от основной части ракеты и полетят к Земле. Эта задача в настоящее время еще полностью не решена, хотя были проведены опыты, в кото-

рых испытывались различные системы парашютов и других приспособлений.

Попутно заметим, что самым идеальным решением вопроса было бы использование материала отработавшей ступени в качестве топлива для последующих ступеней.

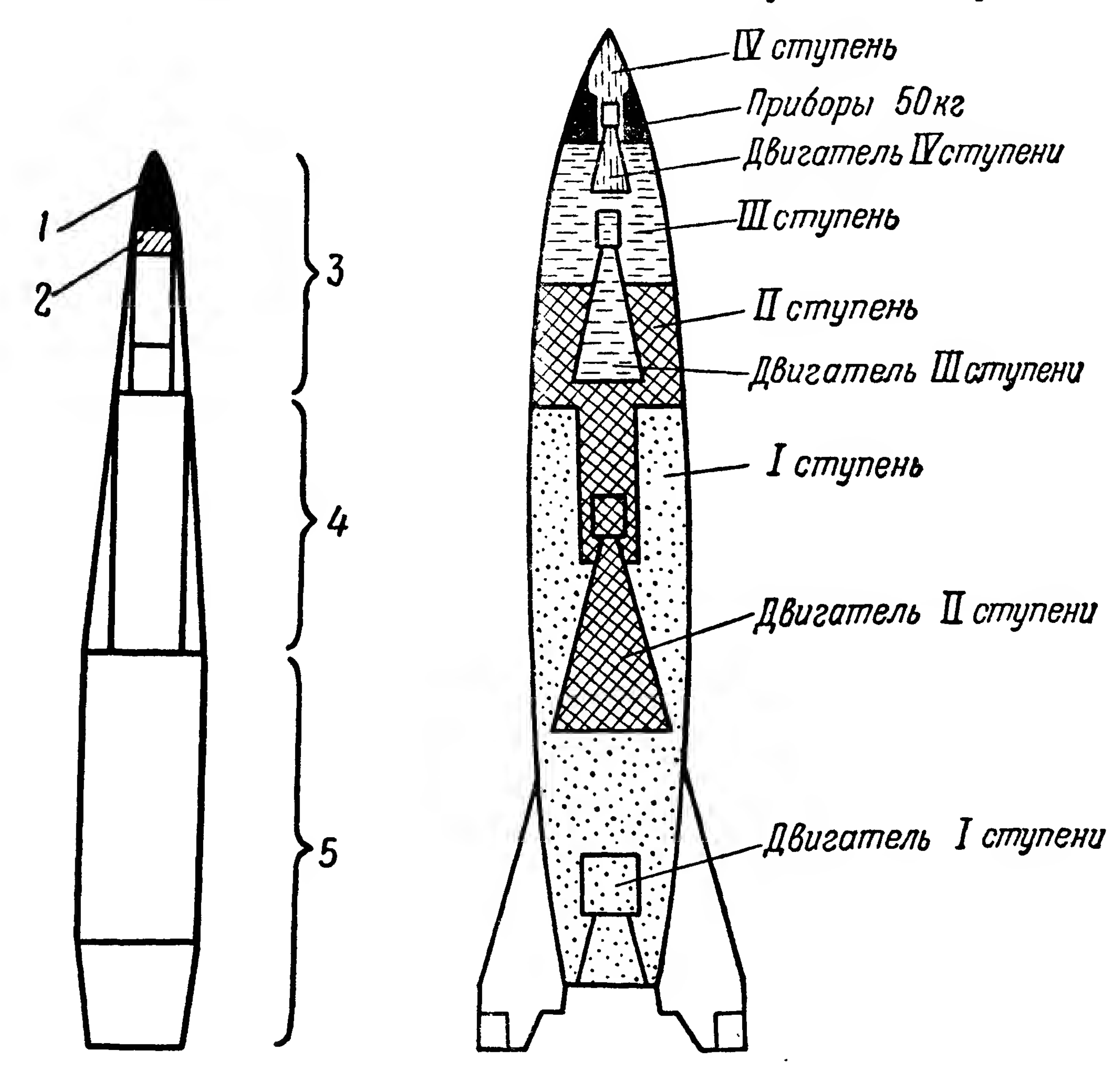


Рис. 15. Многоступенчатая ракета-носитель ИСЗ с последовательным расположением ступеней:

1 — полезная нагрузка; *2* — управление; *3* — третья ступень; *4* — вторая ступень; *5* — первая ступень

Рис. 16. Ракета-носитель ИСЗ с заходящими друг в друга ступенями

Принципиально такая возможность была показана еще в 1928 г. советским ученым Ф. А. Цандером. Но практическое решение этой задачи пока связано с очень большими трудностями, и такое решение будет делом далекого будущего.

Уже появилось много проектов термических атомных ракет,

Видные специалисты ракетной техники при разработке больших ракет-носителей ИСЗ продолжают, как и раньше, ориентироваться на более отработанные типы жидкостных ракет. Конструктор ракеты «Фау-2» доктор Вернер фон Браун, например, считает, что жидкостные

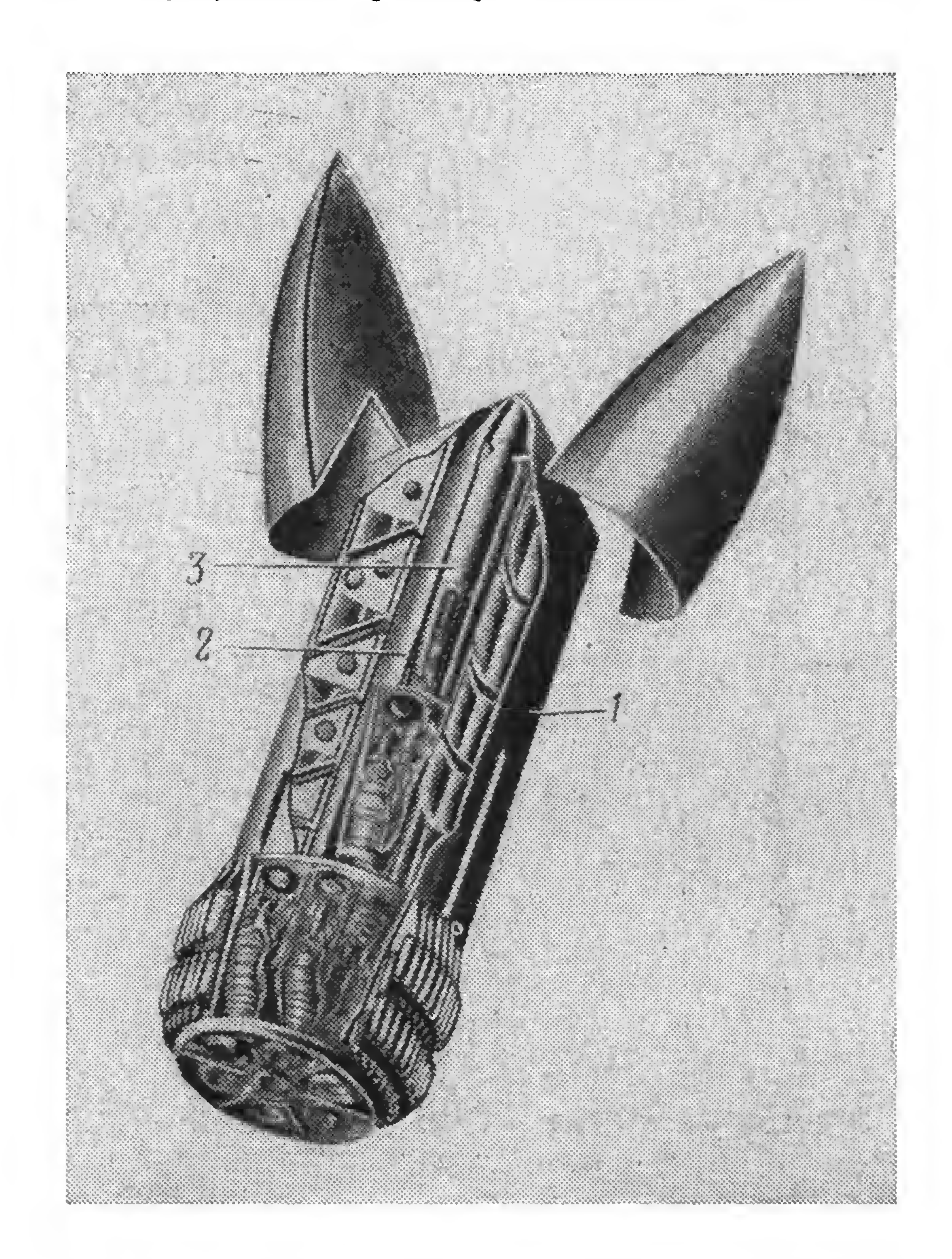


Рис. 17. Ракета-носитель ИСЗ с встроенными друг в друга ступенями:

1 — третья ступень ракеты; *2* — вторая ступень ракеты; *3* — первая ступень ракеты

ракеты будут оказывать решающее влияние на развитие ракет по крайней мере в ближайшие двадцать лет.

Независимо от конструкции каждая ракета обладает определенными основными характеристиками, причем основные взаимоотношения между ними определяют в конечном счете ее главнейшие качества. К рассмотрению этих характеристик мы сейчас и перейдем.

1. Полезный груз. Для одноступенчатых ракет под этим термином понимается: для ракеты-носителя — вес искусственного спутника, выносимого на орбиту; для боевой ракеты — вес боевого заряда; для исследовательской ракеты — вес инструментов и приборов. В случае многоступенчатой ракеты полезный груз (как и прочие характеристики) должен рассматриваться для каждой ступени отдельно. Например, полезным грузом первой ступени будет общий вес второй ступени, полезным грузом второй ступени — общий вес третьей ступени и т. д.

2. Аппаратура управления. Эта часть оборудования ракеты включает в себя все приборы и инструменты, с помощью которых осуществляется управление ракетой во время ее полета. В случае многоступенчатой ракеты первая ступень ее обычно служит для разгона и поэтому, как правило, таких приборов не имеет. Они имеются на второй и третьей, а иногда только на третьей ступени ракеты.

3. Конструкция включает корпус самой ракеты и ее ступеней (для многоступенчатых ракет), подкрепления, крепежные детали и т. д.

4. Насосы и двигатели. Сюда относятся двигатели, система подачи и распределения топлива, система охлаждения камеры сгорания и сопла.

5. Топливо. Сюда относятся: горючее вещество, окислитель, смазочные материалы и горючее для системы машин, подающих топливо в камеру сгорания.

6. Общий вес ракеты, который является суммой весов перечисленных выше частей ракеты.

7. Расход топлива, измеряемый обычно в килограммах в секунду. В случае многоступенчатых ракет расход топлива, как увидим ниже, для первой ступени может более чем в 100 раз превышать расход топлива для последней ступени.

8. Тяга, измеряемая обычно в килограммах или тоннах. Под тягой понимается усилие, развиваемое двигателем, заставляющее с определенным ускорением двигаться ракету. Мы уже отмечали, что тяга зависит от скорости частиц газа, вырывающихся из сопла двигателя, а эта скорость зависит в свою очередь от химических свойств топлива и температуры горения. Эта характеристика является одной из важнейших для ракеты.

9. Удельная тяга — тяга, создаваемая при сгорании единицы веса топлива в одну секунду.

10. Время горения в секундах. Эта характеристика по существу определяет время работы двигателя ракеты или ее ступени. Оно должно быть достаточным для того, чтобы ракета успела развить необходимую скорость.

11. Ускорение. Оно обычно измеряется в единицах g, где g — ускорение силы тяжести у поверхности Земли, равное 9,81 м/сек^2. Ускорение, как показывает само слово, характеризует нарастание скорости в результате работы двигателей, и его величина играет большую роль при расчетах полета ракеты.

12. Длина ракеты. Этим размером определяют высоту всей ракеты или высоту отдельной ступени. От отношения длины ракеты к ее среднему диаметру зависит устойчивость ракеты на траектории полета. Чем больше будет это отношение, тем менее она будет устойчива.

13. Диаметр — средний диаметр всей ракеты или диаметр каждой ее ступени.

14. Число двигателей. В случае многоступенчатой ракеты, как мы уже знаем, каждая ступень будет иметь свои двигатели. Число двигателей зависит от размера и веса ракеты, а также от ее назначения. Обычно первая ступень имеет несколько двигателей, а последняя чаще всего один. Дело в том, что двигателям первой ступени приходится преодолевать самый трудный участок пути, когда ракета имеет наибольший вес при значительном сопротивлении плотных слоев атмосферы.

15. Высота подъема или дальность полета ракеты. Для запуска ИСЗ на орбиту особое значение имеет высота подъема, которая зависит от приведенных выше характеристик и от соотношений между ними. Для боевых ракет, летящих от точки запуска до места цели, более характерна дальность полета, зависящая от тех же факторов.

Для того чтобы читатель мог судить о порядке численных значений указанных выше характеристик, приведем таблицу для проекта ракеты-спутника с последовательным расположением ступеней.

Таблица 3

Тактико-технические данные ракеты-носителя с последовательным расположением ступеней

Наименование характеристики	Первая ступень	Вторая ступень	Третья ступень
Полезный груз, кг	15 600	1 680	100
Аппаратура управления, кг	—	—	100
Конструкция, кг	5 420	1 900	240
Насосы и двигатели, кг	9 350	1 620	120
Топливо, кг	60 530	10 400	1 120
Общий вес, кг	90 900	15 600	1 680
Расход топлива, кг/сек	587,7	101,0	5,4
Тяга, кг	181 800	31 200	325
Удельная тяга, кг/сек/кг	325	325	325
Время горения, сек.	103	103	206
Ускорение, g (9,81 м/сек^2)	6	6	3
Длина, м	24	13,25	6
Диаметр, м	3,5	1,9	1,0
Число двигателей	5	1	1
Высота подъема, км	—	—	800

Как видно из таблицы, отношение $\frac{M_0}{M}$ для первой ступени будет равно примерно трем. Напомним, что M_0 — общая масса ракеты перед полетом, а M — ее масса в конце активного участка первой ступени.

Для второй и третьей ступени это соотношение также будет равно трем. При вычислении соотношения $\frac{M_0}{M}$ необходимо общий вес для каждой ступени делить на сумму весов, определяемых пунктами 1, 2, 3, 4 в табл. 3.

Из этой же таблицы видно, что расход топлива и тяга для первой ступени более чем в 100 раз превосходят их значения для третьей ступени.

Запасы топлива первой ступени почти в 60 раз превышают запасы, которые несет с собою третья ступень. Примерно во столько же раз больше и общий вес первой ступени по сравнению с третьей.

Все эти цифры показывают, какую большую работу приходится затрачивать первой ступени, насколько в более тяжелых условиях проходит первый этап полета. Кроме того, из таблицы видно, что использование трехступенчатой ракеты, обладающей приведенными выше

характеристиками, позволяет достигнуть орбиты, расположенной на высоте 800 км над Землей. Причем отношение масс для каждой ступени равно всего трем. При таком соотношении масс одноступенчатая ракета не смогла бы выйти даже за пределы плотных слоев атмосферы.

Усовершенствованная американцами одноступенчатая ракета «Фау-2» при несколько более благоприятном соотношении масс (около 3,5) 17 декабря 1946 г. достигла высоты только 182 км.

В качестве топлива для ракеты, характеристики которой приведены в таблице, предполагалось применить жидкий кислород и гидрозин.

В США и других капиталистических странах усиленно ведутся работы по созданию ракет-носителей ИСЗ.

Для преодоления трудностей, связанных с прохождением плотных слоев атмосферы, имеются проекты применения в качестве двигателей первой ступени ракеты прямоточных реактивных двигателей, что должно снизить вес первой ступени. Некоторые ученые предлагают преодолеть плотные слои атмосферы с помощью воздушных двигателей или реактивных самолетов.

Например, сотрудником фирмы «Белл» Стелингом и профессором университета штата Айова Миссертом предполагается создать воздушный шар диаметром около 60 м и объемом около 8500 куб. м, который будет запускаться на высоту 24 км и сможет поднять трехступенчатую ракету весом около 6 т. Предполагается, что по достижении шаром указанной высоты ракета может быть с него запущена на орбиту, отстоящую на расстоянии 320 км от Земли.

Первая ступень этой ракеты будет состоять из четырех пороховых двигателей, в качестве второй ступени будет использована жидкостная ракета весом 590 кг; третья ступень весом 90 кг, несущая полезный груз в 14 кг, заключающийся в приборах, и будет являться собственно спутником.

Запуск ее предполагают осуществить под углом 45° к горизонту. Управляемой будет только вторая ступень ракеты. Третья ступень ракеты будет снабжена приборами наблюдения, питаемыми от солнечной батареи, которые должны передавать на Землю полученные ими сведения. Над осуществлением этого проекта уже работает фирма «Дженерал Миллс» (США).

Американская фирма «Америкен Рокет» работает над созданием ИСЗ под названием «Майти Майт». О нем известно, что он будет запущен с помощью пороховых ракет, весящих в общем 640 кг, с реактивного самолета, летящего на высоте 20—30 км со скоростью, примерно в два раза превышающей скорость звука. Так как ракета третьей ступени диаметром 12 см и длиной 60 см будет неуправляемой, то угол старта и начальная скорость будут зависеть от направления и скорости самолета, с которого будет производиться запуск. От условий старта будет зависеть и высота орбиты. Вес приборов, которые будут располагаться на нем, составит 2,25 кг, и наблюдение за ним будет осуществляться с Земли с помощью радиолокационной установки.

Таковы проекты ракет-носителей ИСЗ, разрабатываемые в США.

США не имеют межконтинентальных баллистических ракет. Если бы США имели такую ракету, то они бы еще в 1957 г. запустили искусственный спутник Земли, как это сделали советские ученые и инженеры. Ведь в СССР запустили спутник на основе межконтинентальной баллистической ракеты. США собирались запустить спутник «Авангард» весом в 11 килограммов. Разве это баллистическая ракета? В 1958 г. в США запущен ИСЗ весом около 14 килограммов на ракете средней дальности действия «Юпитер-С». Мы же запустили первый спутник весом в 83,6 килограмма, второй с полезным весом в 508 килограммов, а если потребуется, можем удвоить и более чем удвоить вес искусственного спутника.

Для нас межконтинентальная ракета, говорил Н. С. Хрущев, это вопрос решенный. Если потребуется, мы можем запустить искусственные спутники еще большего веса на еще большую высоту, сколько нужно, столько и запустим, потому что для этого нам ничего нового в технике не требуется. Надо только в межконтинентальную баллистическую ракету, имеющую огромную мощность, поставить необходимую аппаратуру.

Советский Союз опередил США не только в области межконтинентальных ракет, но и в производстве ракет вообще. Теперь в США некоторые деятели говорят, что нам будто бы помогли немецкие специалисты, взятые в плен во время второй мировой войны. Это, конечно, вздор. Посудите сами. Американские войска заняли базы немец-

ких снарядов «Фау», вывезли главного конструктора, специалистов и все оборудование. Между тем в США до сих пор не создана баллистическая межконтинентальная ракета.

Создание ракетной техники в СССР — это результат развития советской науки и техники, нашей промышленности. Эти достижения являются гордостью нашего советского народа, нашего социалистического государства.

Н. С. Хрущев говорил, что наши конструкторы создали такие ракеты, которые в случае нападения на нашу страну могут поразить любую базу в Европе, Азии и Африке. Даже при первом запуске наша ракета точно легла в заданном квадрате. Если мы договоримся с США и другими государствами о разоружении, то, может быть, мы тогда согласимся вместе вывести ракеты на какой-то полигон, поставим задачу на поражение цели и посоревнуемся в стрельбе ракетами, прежде чем сдать их в музей или уничтожить.

Теперь рассмотрим примерное устройство ракеты-носителя ИСЗ. Приведем описание одного из проектов ракеты «Авангард», предназначавшейся для запуска искусственного спутника Земли в США.

3. Ракета-носитель ИСЗ «Авангард»

В США усиленно обсуждаются проблемы, связанные с запуском искусственного спутника Земли. Выступая на одном совещании, технический руководитель программы запуска спутника (проект «Авангард») Мильтон Розен перечислил основные проблемы, подлежащие разрешению в процессе разработки этой программы, и привел основные технические характеристики ракеты для запуска спутника. Розен указал, что в США еще в 1949 г. двухступенчатая ракета «Бампер» поднялась на высоту 400 км при максимальной скорости 2750 м/сек с такой же полезной нагрузкой, какая запроектирована для ракеты спутника «Авангард». Последняя же должна подняться на высоту 480 км при скорости 7620 м/сек.

Из американской печати известно, что разработка этой ракеты-носителя ИСЗ была поручена ряду ведущих фирм. На рис. 18 показана предполагаемая схема такой ракеты.

Характерной особенностью ракеты является отсут-

ствие у всех трех ступеней стабилизаторов и рулей; управление по тангажу[1] и рысканью[2] на первой и второй ступенях будет осуществляться путем поворота жидкостных реактивных двигателей, смонтированных на карданных шарнирах. Отклонение на угол до 5° будет

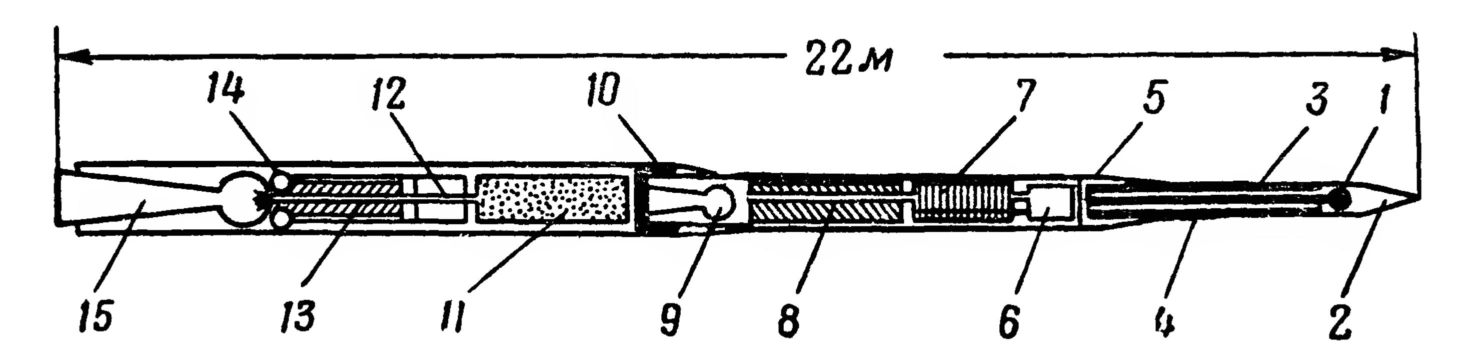


Рис. 18. Ракета-носитель ИСЗ:

1 — спутник; *2* — носовой конус, предохраняющий спутник от нагрева при подъеме; *3* — выбрасывающий механизм (взрывной или пружинный); *4* — третья ступень ракеты; *5* — источник электроэнергии третьей ступени; *6* — бак с гелием для подачи топлива в двигатель; *7* — бак для горючего второй ступени (диметилгидразин); *8* — бак для окислителя (азотная кислота); *9* — двигатель второй ступени; *10* — источник электроэнергии второй ступени; *11* — бак для горючего первой ступени (75% этилового спирта, 25% бензина с добавкой силиконового масла); *12* — бак для перекиси водорода; *13* — бак для окислителя (жидкий кислород); *14* — турбонасосы, работающие на перекиси водорода; *15* — двигатель первой ступени

производиться с помощью электрогидравлического привода, получающего команды от гироскопов гироскопического блока, с помощью которого первая и вторая ступени ракеты будут управляться в полете. Гироблок располагается на второй ступени. Управление по крену будет осуществляться с помощью небольших, тангенциально расположенных жидкостных ракетных двигателей. Неуправляемая третья ступень будет ориентирована по высоте, положению и направлению второй ступенью, которая придает ей также стабилизирующее вращение, прежде чем начнет работать двигатель третьей ступени.

Общая длина ракеты на старте составит 22 м, максимальный диаметр 1,15 м.

В качестве первой ступени ракеты для запуска спутника предполагалось использовать несколько измененную исследовательскую ракету «Викинг» с новым форсирован-

---

[1] Угол тангажа — угол, образуемый продольной осью ракеты и плоскостью горизонта.

[2] Углом рысканья называют отклонения продольной оси ракеты от заданного курса в плоскости горизонта. Для управляемых снарядов углом рысканья будет отклонение продольной оси снаряда от плоскости стрельбы.

ным двигателем. Этот двигатель должен обеспечить разгон ракеты до 15% орбитальной скорости. Тяга этого двигателя составит 12,2 т, а время работы 125—140 сек. Двигатель будет работать на смеси спирта с бензином и жидком кислороде, подаваемых из баковых отсеков с помощью турбонасосов. По мере расходования топлива баки будут заполняться гелием.

ЖРД второй ступени ракеты будет работать на дымящей азотной кислоте и гидрозине, подаваемых в камеру сгорания под давлением сжатого гелия. Большое число миниатюрных реактивных двигателей стабилизации обеспечит управление ракетой после окончания работы двигателя второй ступени, когда вторая и третья ступени будут набирать орбитальную высоту. Ожидается, что вторая ступень наберет 32% орбитальной скорости. Носовой конус второй ступени будет перекрывать третью ступень и самый спутник, предохраняя их от аэродинамического нагревания; конус будет сброшен во время начальной стадии работы второй ступени, когда плотность воздуха уменьшится и соответственно уменьшится нагревание ракеты.

Как мы уже говорили, третья ступень ракеты неуправляемая; для обеспечения устойчивости в полете она будет вращаться вокруг продольной оси.

После выхода на орбиту третья ступень и спутник могут быть разделены и продолжать свой путь по орбите как два самостоятельных спутника. Это целесообразно сделать во избежание проникновения тепла от двигателя к чувствительным приборам спутника, а также для удобства размещения телеметрических антенн.

4. Запуск ракет-носителей и выход их на орбиту

Как же запускается на орбиту ракета-носитель ИСЗ? Казалось бы, выгоднее всего запустить ракету вертикально вверх, так как в этом случае она полетела бы к орбите по кратчайшему пути. Однако такой метод осуществления запуска оказывается самым невыгодным с точки зрения потребного расхода топлива.

Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Ракета, запущенная вертикально, набирает скорость не мгновенно, а в течение некоторого времени. Сила же притяжения Земли, действующая постоянно в течение

этого же времени, вызывает обратный снос ракеты к центру Земли (так называемый гравитационный снос).

Этот снос весьма значителен. Если бы не работали двигатели ракеты, то за первые 100 секунд эта направленная к Земле скорость составила бы 1 км/сек, а за 800 секунд полета ракеты она достигла бы 8 км/сек, т. е. как раз величины первой космической скорости. Из сказанного ясно, что если ракета все время будет двигаться по вертикали, то сила тяжести вскоре поглотит силу тяги ее двигателей, и ракета, израсходовав запас горючего, остановится в определенной точке, а затем станет падать на Землю, что и получается с современными геофизическими ракетами. Поэтому чрезвычайно трудно при вертикальном запуске получить на большой высоте большую скорость ракеты.

Для того чтобы ИСЗ не падал обратно на Землю, ему необходимо сообщить значительную горизонтальную скорость полета.

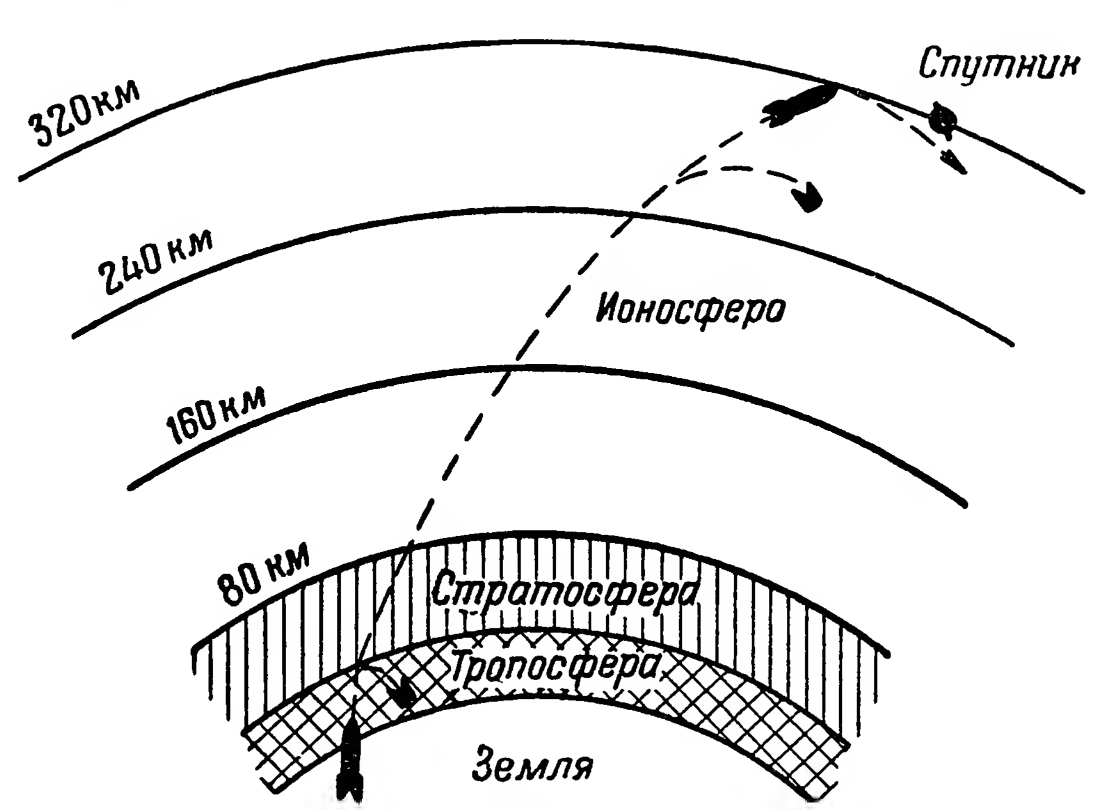


Рис. 19. Примерная траектория выхода ракеты-носителя ИСЗ на орбиту

Необходимо так организовать взлет ракеты-носителя, чтобы в минимально возможное время доставить спутник на орбиту и чтобы он имел необходимую горизонтальную скорость полета.

Перед запуском ракеты ученые в зависимости от избранной орбиты производят целую серию сложнейших расчетов, предварительно вычисляя наиболее выгодную

(оптимальную) траекторию выхода ракеты на орбиту (рис. 19).

Первый участок полета ракеты избирается вертикальным для того, чтобы ракета возможно скорее преодолела плотные слои атмосферы, однако этот участок обычно не велик и составляет около 20 км.

Как только ракета выйдет в более разреженные слои атмосферы, она с помощью автопилота будет постепенно наклоняться, с тем чтобы, достигнув орбиты, выйти на нее в горизонтальном положении с большой скоростью полета. В этих расчетах учитываются также потери скорости ракеты в результате сопротивления воздуха и гравитационного сноса и точно определяется режим работы двигателей ракеты, чтобы они могли обеспечить получение на орбите круговой скорости, при которой центробежная сила уравновесила бы силу притяжения Земли.

Мы уже говорили, что минимальное значение характеристической скорости — 7,9 км/сек (так называемую первую космическую скорость) имеет ракета, посылающая ИСЗ на орбиту, проходящую непосредственно у поверхности Земли. Значение характеристической скорости ракеты зависит от расстояния орбиты спутника до Земли. Например, для высоты 1730 км она равна 8716 м/сек, а для высоты 35 800 км — 10 709 м/сек. Наконец при скорости 11 190 м/сек (вторая космическая скорость) ракета может улететь в космос.

Кроме того, задача инженеров, рассчитывающих программу взлета ракеты-носителя ИСЗ на орбиту, состоит в том, чтобы траектория взлета была такой, при которой потери скорости от сопротивления воздуха и притяжения Земли составляли бы не более нескольких процентов от величины характеристической скорости. Таким образом, для того чтобы получить действительную скорость ракеты для запуска спутника на данную орбиту, расчетное значение характеристической скорости необходимо увеличить. Для взятых в качестве примера орбит (1730 км и 35 800 км) орбитальные скорости соответственно будут несколько увеличены.

Оказывается, что далеко не безразлично, в какую сторону запустить ракету-носитель ИСЗ.

Если ракету запустить в сторону вращения Земли (рис. 20), то можно получить дополнительное, «бесплатное» приращение скорости ракеты за счет скорости вра-

щения Земли. Величина этого приращения зависит от широты места запуска. На экваторе, например, оно имеет максимальное значение и равно 403 м/сек. Это больше скорости некоторых современных истребителей. По мере приближения к полюсам приращение скорости убывает.

Может возникнуть вопрос: а как же наши самолеты? Ведь они летают в самых разнообразных направлениях, и мы обычно не интересуемся тем, совпадает ли их полет с направлением вращения Земли или нет.

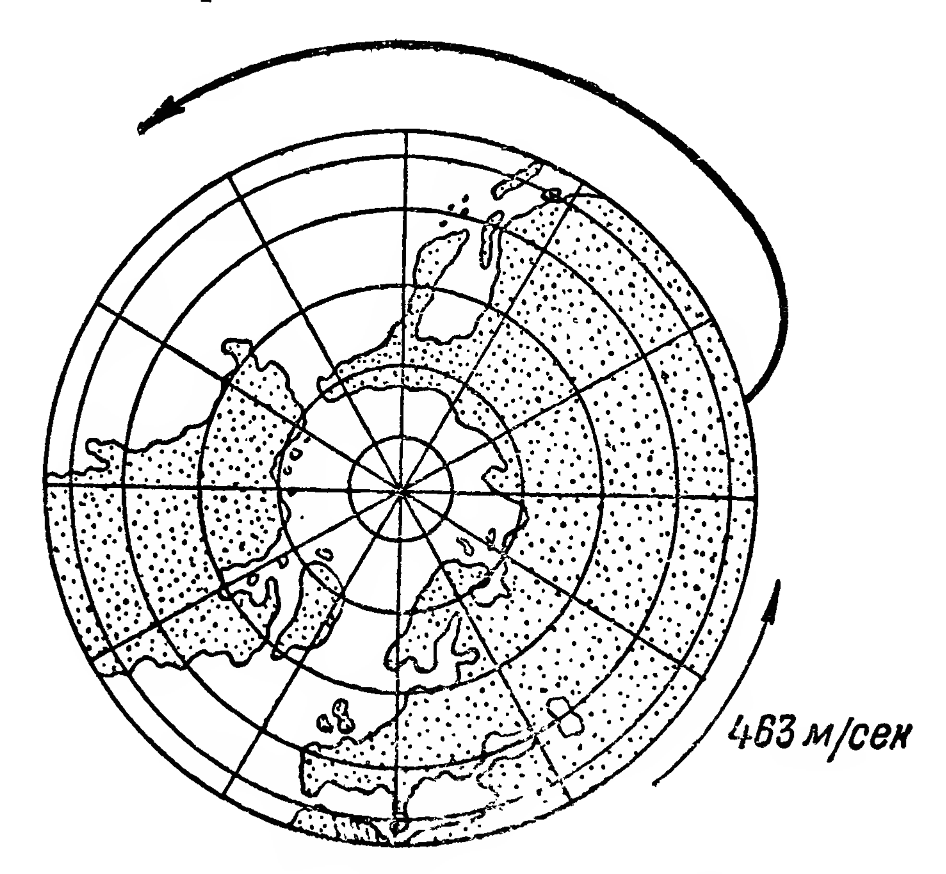


Рис. 20. Возможное направление рационального полета ракеты для создания искусственного спутника Земли

Действительно, современным самолетам безразлично, в какую сторону лететь. Если мы говорим, что самолет летит со скоростью 1000 км/час, то полагаем, что он эту скорость имеет независимо от направления полета. Практически мы совершенно правы.

Но именно только практически. Теоретически же самолет, летящий по направлению вращения Земли, будет всегда несколько легче, а летящий в обратном направлении — немного тяжелее. Однако при существующих скоростях самолета эти изменения его веса настолько ничтожны, что их можно не учитывать.

Представим себе самолет, который будет обладать скоростью, скажем, в 3—4 раза большей скорости звука.

Появление таких самолетов дело совсем недалекого будущего. Как показывают расчеты, в таком случае влия-

ние центробежной силы уже обязательно придется учитывать конструкторам. Вес самолета может уменьшиться или увеличиться приблизительно на 2% в зависимости от направления полета на восток или на запад, а это влечет за собой (в случае выигрыша в весе) и увеличение дальности полета и возможность создания увеличенных запасов топлива. Можно, например, сказать по грубым прикидкам, что самолет, делающий перелет вокруг земного шара в направлении на восток, может пролететь приблизительно на 800 км дальше, если он будет обладать указанной выше скоростью. С дальнейшим ростом скоростей этот фактор будет приобретать все большее и большее значение.

Мы уже упоминали, что орбиты спутников могут быть не только круговыми, но и эллиптическими. Эллиптические орбиты мы получим в том случае, если скорость, приданная ракете, будет несколько выше окружной или скорость в момент окончания работы двигателя не будет направлена по касательной к круговой орбите. Тогда, вместо того чтобы остаться на круговой орбите, ракета устремится дальше, и траектория ее полета будет уже не окружностью, а эллипсом.

Ближайшая к Земле точка на эллиптической орбите называется перигеем, а наиболее от нее удаленная — апогеем, причем перигей может быть гораздо ближе к Земле, а апогей гораздо дальше от Земли, чем первоначальная круговая орбита. Один из вариантов запуска ракет на орбиту, отстоящую на 1730 км от Земли, предусматривает, что первоначально ракета полетит по эллиптической орбите, причем перигей в этом случае составляет около 102 км, а апогей — 1730 км. Двигатели, разгоняющие ракету до характеристической для этой орбиты скорости, включаются в момент достижения ракетой апогея. В СССР в 1957 г. успешно осуществлен запуск первых ИСЗ. В США в это время публиковались в печати многочисленные проекты запуска ИСЗ.

Приведем описание одного из проектов запуска американской ракеты-носителя ИСЗ «Авангард», с которой мы уже знакомы. Запуск ракеты-носителя ИСЗ предполагалось осуществить в 1958 г. на базе ВВС США в Патрике (штат Флорида) в направлении от 28 до 35° к юго-востоку (азимут 118—125°). Запуск именно в этом направлении может обеспечить, по мнению ученых США,

дополнительный прирост скорости за счет вращения Земли, а также позволит удобно наблюдать спутник.

Ракета должна стартовать вертикально, как показано на рис. 21, а затем начнет постепенно наклоняться. В момент окончания работы двигателя первой ступени на высоте 58 км от земли угол наклона ракеты составит 45° к вертикали. Затем первая ступень ра-

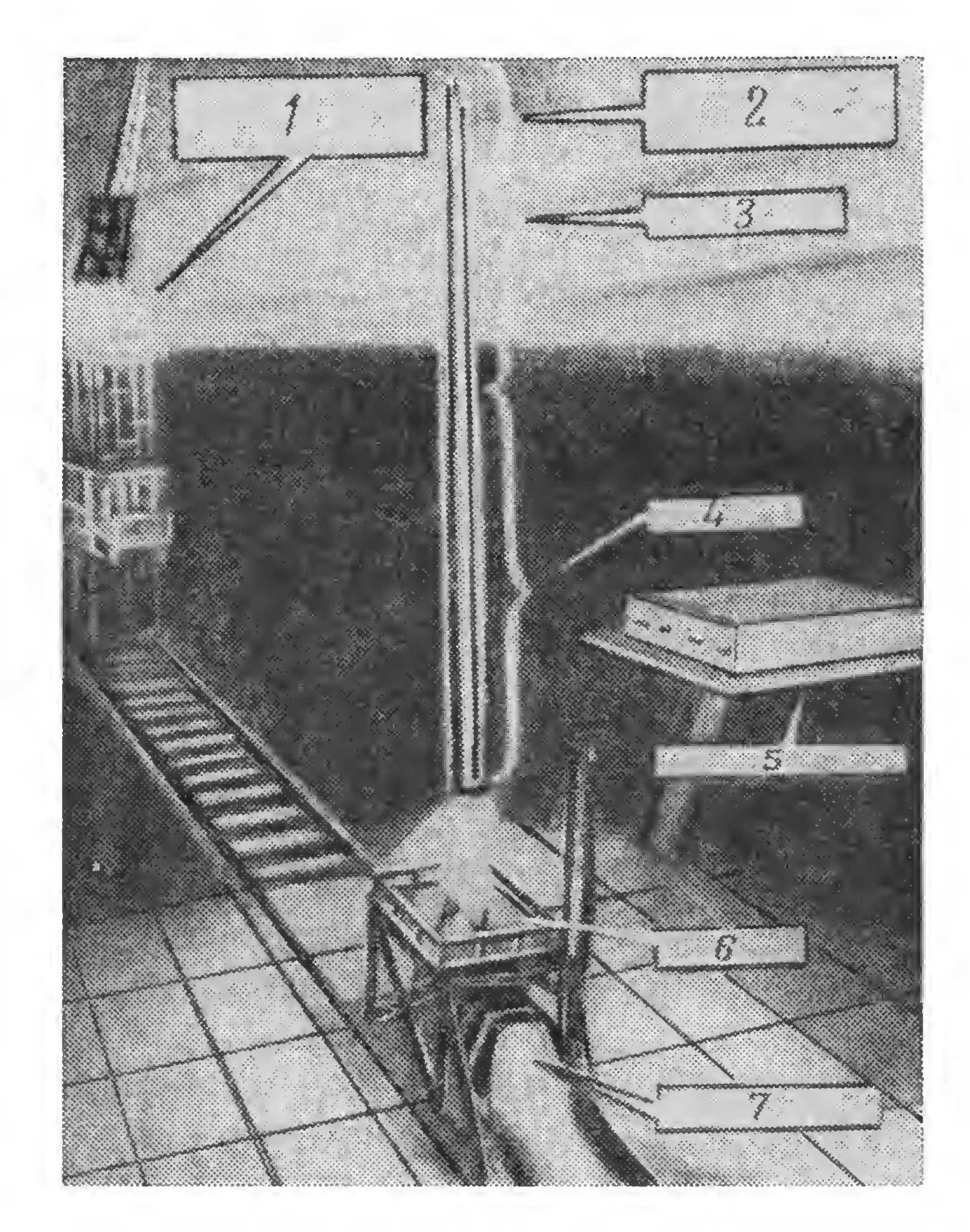


Рис. 21. Старт ракеты-носителя, несущей спутника на орбиту:

1 — кран, устанавливающий ракету на стартовую площадку; *2* — третья ступень ракеты со спутником (внутри); *3* — вторая ступень ракеты; *4* — первая ступень ракеты; *5* — командный пункт; *6* — стартовая установка; *7* — отвод выхлопных газов

кеты отделяется, начинают работать двигатели второй ступени. Первая ступень упадет на землю в 370 км от места старта. Вторая ступень будет подниматься по траектории с возрастающим углом наклона; двигатель кончит работать на высоте 225 км. После этого ракета по

инерции поднимется до максимальной высоты 480 км и окажется в точке, отстоящей на 1125 км от места старта. В этой точке начнет работать двигатель третьей ступени (рис. 22).

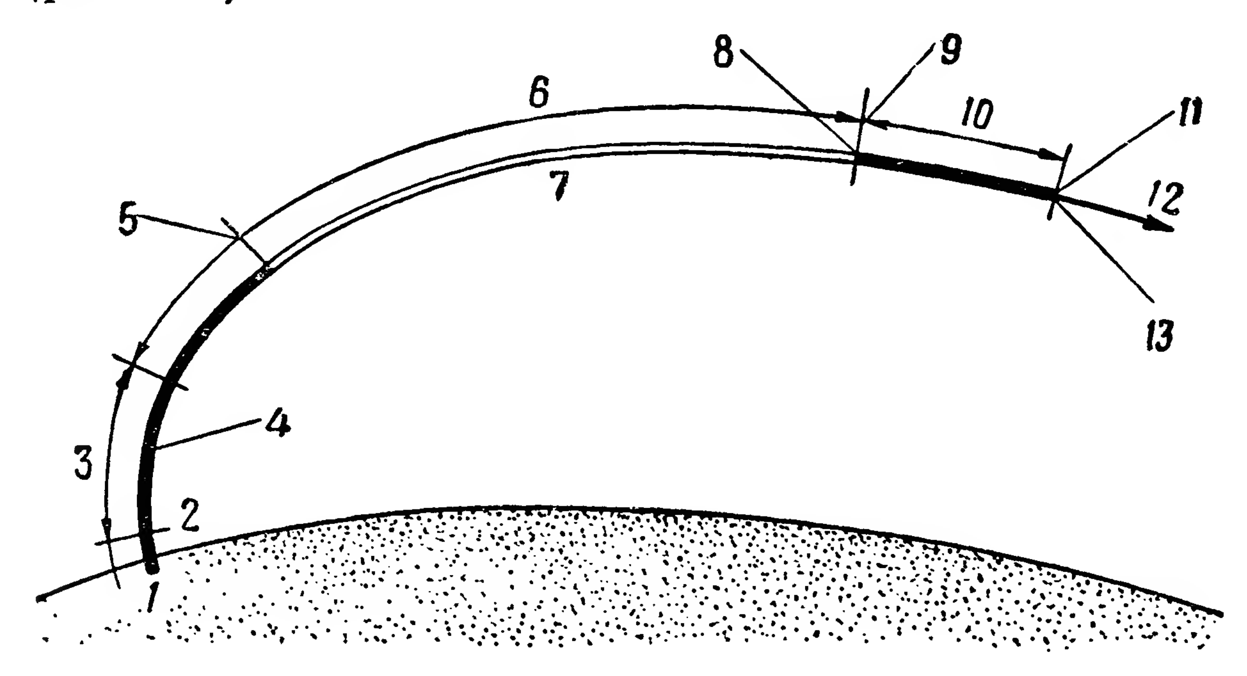


Рис. 22. Примерная траектория выхода ракеты, поднимающей спутник на орбиту:

1 — место старта; *2* — вертикальный участок полета; *3* — участок выхода на оптимальную траекторию; *4* — прекращение работы двигателя и отделение первой ступени; *5* — прекращение работы двигателя второй ступени; *6* — контролируемая оптимальная траектория; *7* — полет по инерции; *8* — отделение второй ступени и начало вращения третьей ступени; *9* — начало работы третьей ступени; *10* — стабилизирующее вращение; *11* — конец работы и отделение третьей ступени; *12* — орбита спутника; *13* — скорость 7620 м/сек, высота 320—640 км, расстояние от места старта 2400 км, время после старта 10 минут

5. «Точность стрельбы» ракет-носителей ИСЗ

Еще раз подчеркнем, что запуск ракет-носителей на определенную орбиту весьма сложное дело. Оно требует точнейшей работы ряда приборов, описание некоторых из них мы приведем ниже. Самая незначительная ошибка какого-либо из этих приборов приведет к неудаче запуска в целом.

Точность стрельбы орбитальных ракет зависит от ряда причин. Погрешность в угле возвышения вектора скорости в конце активного участка в 1° вызывает изменение высоты перигея (и апогея) на 120 км. Погрешность в скорости 30 м/сек при горизонтальном направлении вызовет изменение высоты апогея на 110 км. Если крайние высоты эллиптической орбиты искусственного спутника, например, колеблются в пределах от 370 км (перигей) до 1480 км (апогей), а конец активного участка траек-

тории находится на высоте 560 км, то можно допустить абсолютную погрешность в угле возвышения до 2°30′ и относительную погрешность в горизонтальной скорости до 1%. Для спутника, летящего на высоте нескольких сот километров, изменение высоты полета на 300 м повлечет за собою изменение периода обращения на 0,4 сек. Изменение же начальной скорости на 30 м/сек вызовет изменение периода обращения на 70 сек. Ошибка в угле возвышения в конце активного участка траектории искусственного спутника не влияет на период его обращения. При движении спутника по эллиптической траектории его скорость меняется, причем в случае, если перигей расположен на высоте 370 км, а апогей на высоте 1480 км, разница в скорости достигает 1,22 км/сек.

Необходимая «точность стрельбы» ракет-носителей ИСЗ обеспечивается соответствующими приборами управления. Что же представляют собой эти приборы и как происходит управление полетом ракет-носителей?

6. Управление ракетой-носителем ИСЗ в полете

Траектория и режим полета ракеты, вычисленные предварительно, должны точно выдерживаться.

Вполне понятно, что для осуществления этого ракета должна иметь точнейшие приборы, работа которых будет связана с действием наземных установок.

Принцип действия большинства из них очень сложен, поэтому мы опишем в общих чертах задачи, которые будут выполняться основными приборами.

Для того чтобы ракета-носитель вышла на орбиту по рассчитанной траектории и были строго выдержаны режимы и время работы отдельных ступеней ракеты, она должна управляться на всем пути полета.

Если в пределах плотной атмосферы для изменения направления полета ракеты могут служить рули, похожие на рули реактивных самолетов, то в зоне сильно разреженной атмосферы они будут менее эффективны.

Как же будет осуществляться управление в этом случае? К. Э. Циолковским для этой цели были предложены так называемые газовые рули. Их принцип действия заключается в том, что рули, изготовляемые из тугоплавкого материала, например из графита, и располагаемые в струе вырывающихся из сопла раскаленных

газов, отклоняют эту струю в ту или иную сторону и тем самым меняют направление полета ракет. Поворот газовых рулей осуществляется с помощью программного механизма или по радиосигналам с Земли.

Существует и другой способ, о котором упоминалось при описании ракеты-носителя спутника. Если ракета будет иметь не только центральные, но и боковые двигатели, то, попеременно включая или выключая последние, можно осуществить управление ракетой после выхода ее в космос.

Наконец, конструкция ракет может быть такой, что можно изменять направление струи истекающих газов, поворачивая продольную ось самого двигателя относительно продольной оси ракеты.

Такой способ управления применяется в ряде современных дальнобойных ракет.

При запуске ракеты первостепенное значение имеет стабилизация ее в полете на траектории, т. е. обеспечение того, чтобы ракета при движении не отклонилась, а точно следовала бы по заданной ей траектории полета.

Наиболее важными узлами системы стабилизации ракеты во время ее полета является автопилот с гироскопическими чувствительными элементами. Гироскоп — особого рода волчок, вращающийся с большой угловой скоростью. Такое тело стремится сохранить неизменным направление своей оси вращения относительно мирового пространства, т. е. ось свободного гироскопа стремится сохранить то положение, которое ей было задано при запуске гироскопа. Гироскопические устройства, с помощью которых осуществляется стабилизация ракеты в полете, используют именно это свойство гироскопов. На основе таких гироскопических устройств конструкторы авиационного приборостроения создали прибор, называемый автопилотом.

Принцип работы автопилота можно уяснить из рис. 23, где показана структурная схема автопилота, управляющего угловыми положениями ракеты в полете по заданной программе. Гироскопический чувствительный элемент воспринимает угловые отклонения ракеты и дает на выходе сигнал, пропорциональный этим отклонениям. Задатчик программы автоматически вырабатывает сигналы, пропорциональные заданным угловым отклонениям ракеты. Если ракета не выполняет заданной

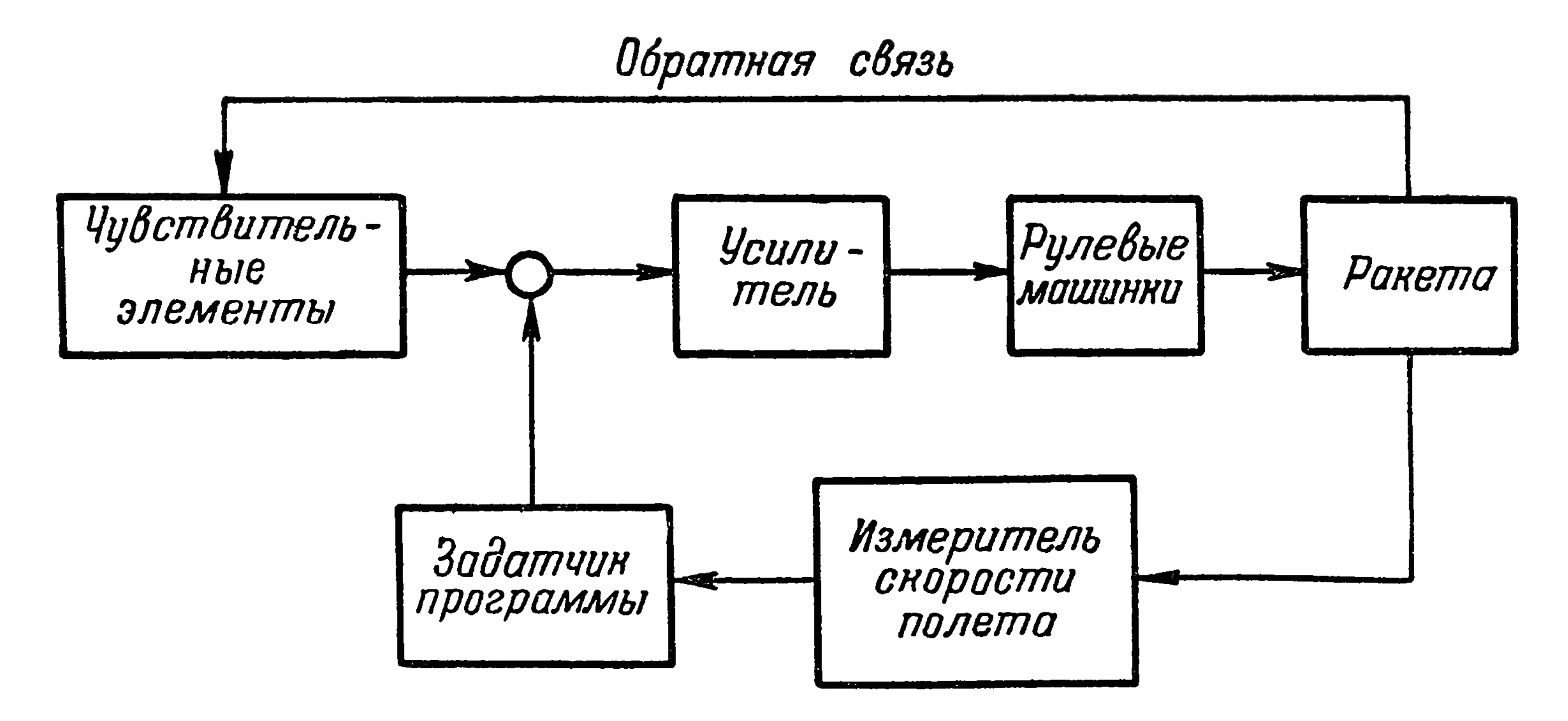


Рис. 23. Структурная схема автопилота

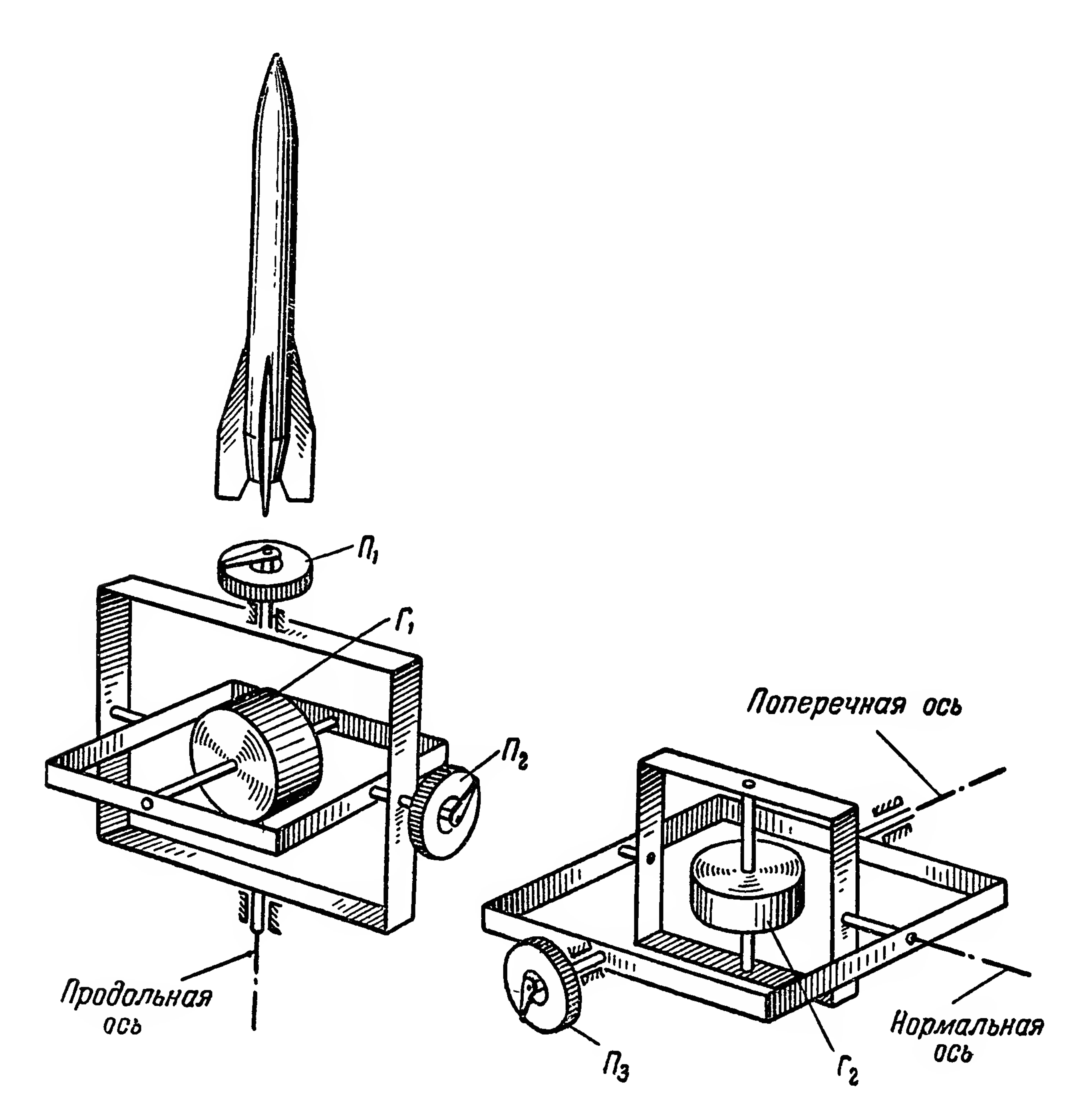


Рис. 24. Схема расположения гироскопов автопилота: $П_1$, $П_2$, $П_3$ — потенциометры; $Г_1$, $Г_2$ — гироскопы

программы полета, то разность сигналов чувствительного элемента и задатчика программы подается на усилитель, а затем на рулевые машинки, управляющие рулями ракеты. При этом рули поворачиваются в такую сторону, чтобы устранить рассогласование между заданным и фактическим угловым положением ракеты.

На некоторых ракетах, например «Фау-2» и др., автопилот имел лишь два гироскопа с тремя степенями свободы (рис. 24). Ось первого гироскопа ($Г_1$) параллельна поперечной оси ракеты, так что вращение ракеты вокруг этой оси не может быть обнаружено с помощью этого гироскопа. Он используется для управления движением ракеты относительно продольной и вертикальной осей ракеты. Управление осуществляется с помощью двух проволочных потенциометров: один ($П_2$) служит для регистрации отклонений ракеты от курса, другой ($П_1$) — вокруг продольной оси. Потенциометры расположены на кардановом подвесе гироскопа перпендикулярно друг другу. Сигналы, снимаемые с потенциометров, усиливаются электронными лампами и передаются на соответствующие рулевые машинки и рули. Другой гироскоп ($Г_2$) служит для управления движением вокруг поперечной оси. Поворот ракеты вокруг поперечной оси воспринимается проволочным потенциометром ($П_3$), сигнал с которого после усиления передается на соответствующие рули. С помощью специального вращения оси гироскопа $Г_2$ в плоскости, параллельной нормальной и продольной осям ракеты, осуществляется поворот ракеты вокруг поперечной оси при ее движении по траектории. Это вращение, происходящее по определенной программе, должно находиться в соответствии с расчетной траекторией движения ракеты. Характер изменения угла наклона продольной оси ракеты к горизонту показан на рис. 25.

Как видно из рисунка 25, участок траектории полета ракеты-носителя до выхода ее на орбиту, т. е. до принятия ее продольной осью горизонтального положения, разбивается на ряд этапов (на рисунке: H_1, H_2, H_3, H_4 и т. д.). Таких этапов в зависимости от высоты орбиты может быть много. Каждому из них соответствует определенный угол наклона продольной оси ракеты к горизонту (α_1, α_2, α_3 и т. д.). На первом этапе обычно этот угол равен 90°, т. е. ракета летит вертикально.

В дальнейшем по этапам этот угол постепенно изменяется согласно изменению его на рассчитанной заранее траектории полета. По расчетной траектории устанавливается на приборах управления ракеты программа ее полета. Эти программные приборы регулируют подачу топлива и положение руля.

Естественно, что на ракете должны существовать приборы, точно измеряющие и регистрирующие ее скорость на различных этапах полета и тем самым контролирующие выполнение заданной программы.

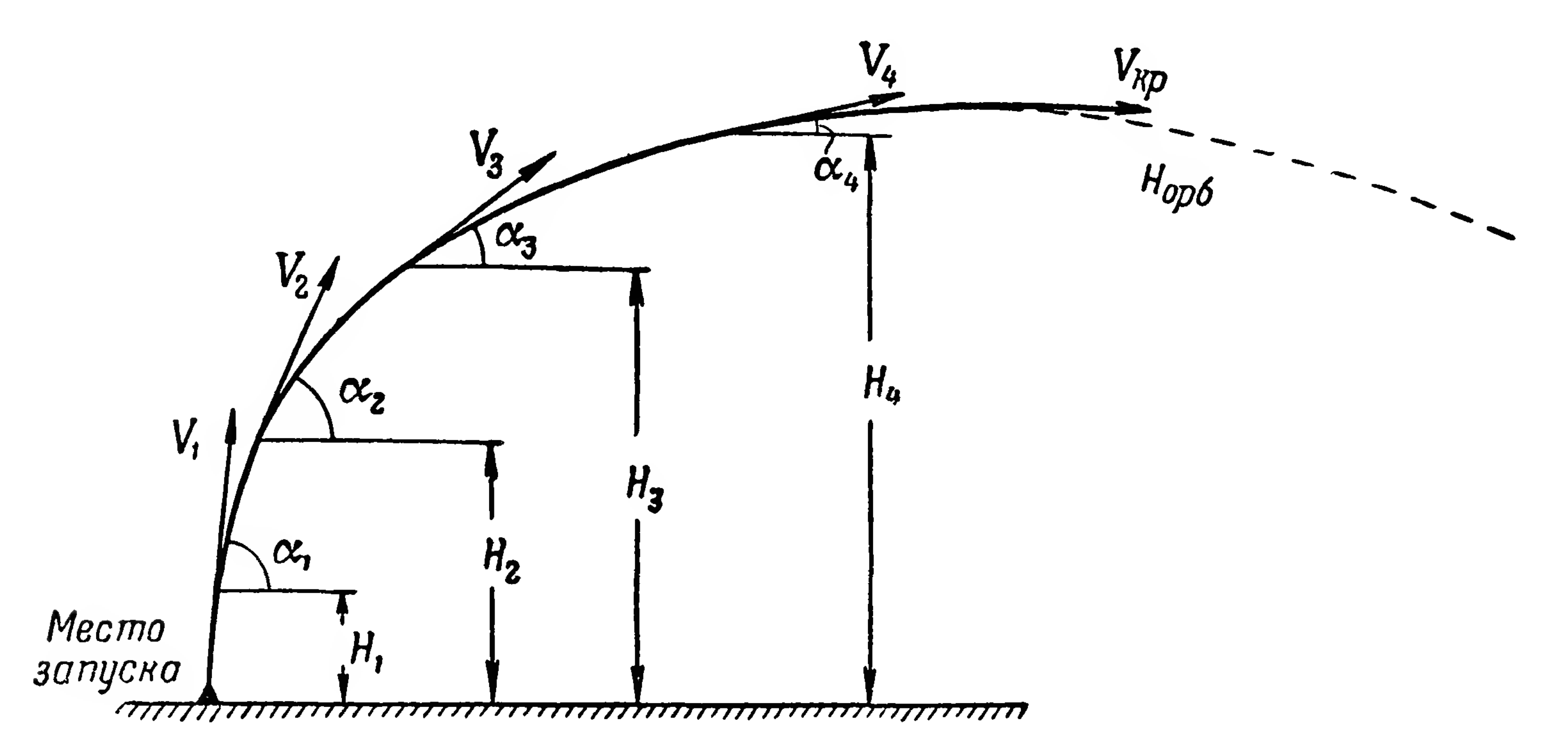


Рис. 25. Траектория выхода ракеты-носителя на орбиту с помощью программных приборов управления:

H_1, H_2, H_3 и H_4 — высота ракеты над землей; α_1, α_2, α_3 и α_4 — углы наклона продольной оси ракеты по отношению к горизонту; V_1, V_2, V_3 и V_4 — направление вектора скорости полета ракеты; $V_{кр}$ — вектор круговой скорости ракеты; $H_{орб}$ — высота орбиты ИСЗ

На первых ракетах измерение скорости полета ракеты осуществлялось радиотехническим методом. Ракеты были оборудованы радиопередатчиком и радиоприемником. Радиопередатчик генерировал колебания, принимавшиеся станцией, находящейся на месте старта. Наблюдавшийся при этом эффект Допплера использовался для определения скорости полета ракеты. Этот эффект мы часто наблюдаем в области звуков, когда, например, слышим гудок приближающегося или удаляющегося паровоза. Поскольку частота звука приближающегося паровоза увеличивается, а удаляющегося уменьшается, то эффект Допплера воспринимается нами как заметное изменение тона звука, вызванное движением.

По изменению частоты излучаемого ракетой радиосигнала и судят о величине ее скорости. В нужный момент, когда ракета достигла необходимой скорости, с Земли посылается соответствующий сигнал. Радиоприемник, находящийся на борту ракеты, принимает его, и подача горючего прекращается. Этот метод имеет тот недостаток, что радиоприемник может реагировать на ложные сигналы и помехи. Несмотря на то, что были найдены средства борьбы с помехами, радиометод измерения скорости полета был заменен автономным методом измерения скорости, основанным на измерении ускорений с помощью акселерометра и интегрировании этих ускорений. Принципы действия и конструкции акселерометров могут быть самые различные.

Нашел применение акселерометр, представляющий собой гироскопический маятник, установленный в карданном кольце G (рис. 26). Ось CD является осью маятника. Кольцо подвеса G может вращаться вокруг оси EF, параллельной продольной оси ракеты.

Ось AB вращения гироскопа автоматически удерживается перпендикулярно оси EF с помощью корректирующего выключателя и двигателя M.

При отклонении оси AB гироскопа от направления, перпендикулярного оси EF, корректирующий выключатель включает через реле питание электродвигателя M. Вращающий момент этого двигателя через редуктор передается на ось EF карданного кольца G, заставляя перемещаться гироскоп в сторону восстановления перпендикулярности оси AB и EF. Таким образом, электродвигатель M удерживает гиромаятник в нормальном рабочем положении, когда чувствительность гиромаятника наибольшая, а также полностью компенсирует влияние моментов трения на оси EF.

Если ракета летит с ускорением, равным a, то на маятник будет действовать инерционная сила P, равная произведению массы m маятника на ускорение a. Момент $M_{вр}$ от этой силы, направленный вдоль оси CD, вызывает угловую скорость прецессии $\omega_г$ гироскопа вокруг оси EF. Угол поворота оси гироскопа вокруг оси EF равен интегралу по времени от угловой скорости прецессии, т. е. пропорционален интегралу по времени от ускорения, или, что одно и то же, скорости полета ра-

кеты. Влияние ускорения силы тяжести заранее учитывается и компенсируется.

С осью EF акселерометра связан барабан N, управляющий поворотом того гироскопа автопилота, который осуществляет наклон продольной оси ракеты относи-

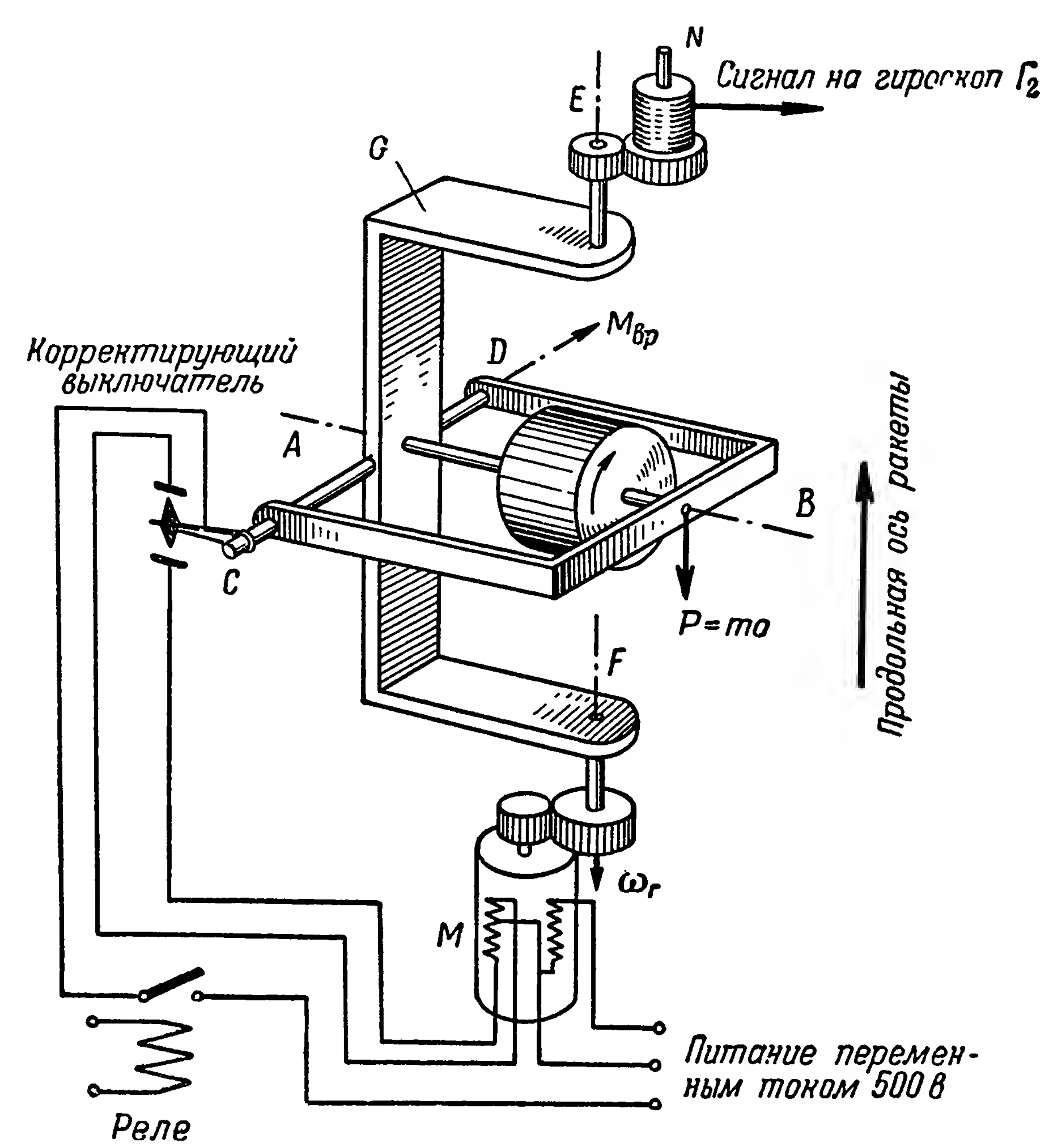


Рис. 26. Схема интегрирующего акселерометра:
AB — ось гироскопа; CD — ось маятника; EF — ось карданного кольца; G — карданное кольцо; M — электродвигатель; P — равнодействующая инерционных сил (ma — масса и ускорение); $M_{вр}$ — момент вращения; N — барабан, управляющий поворотом гироскопа $Г_2$; $\omega_г$ — угловая скорость прецессии гироскопа

тельно горизонта. Таким образом, кривизна траектории ракеты изменяется в зависимости от ее скорости в соответствии с расчетным движением.

Нужно учесть, что если в результате воздействия ветра, потока микрометеоритов или других причин продольная ось ракеты переместится параллельно самой себе, то гироскопические приборы этого не почувствуют. Однако такое отклонение от траектории нежелательно так же, как, скажем, изменение угла тангажа или угла

рыскания. Для исправления подобного рода отклонений, могущих возникнуть в полете, может быть использован метод, известный под названием «радиотропы». Он основан на использовании принципа радиолокации. Его сущность заключается в следующем.

Предположим, что на Земле имеются две станции, посылающие на ракету сигналы и принимающие обратно отражения этих сигналов.

Эти станции размещены таким образом и их аппаратура устроена так, что если ракета летит по правильному курсу, то обе эти станции будут принимать отраженные сигналы одинаковой величины.

Если по каким-либо причинам ракета отклонится от курса, то одна из станций будет воспринимать больший по величине сигнал, а другая — меньший. На наземной станции по этой разности сигналов с помощью счетно-решающих приборов точно и мгновенно подсчитывается величина этого отклонения от курса и немедленно вырабатывается соответствующий ей управляющий сигнал, который по радио передается на приборы управления ракеты.

Следовательно, имеется возможность направлять ракету и таким способом.

Однако метод радиотропы оказался недостаточно удовлетворительным, особенно при управлении полетом ракеты на большие расстояния. Кроме ограниченной дальности действия, управление ракеты по радиотропе может быть ненадежным вследствие воздействия искусственных и естественных радиопомех. В последнее время для управления ракетами и самолетами стали применять автономные средства ориентировки — инерциальные гироскопические и астрономические ориентаторы. Эти ориентаторы имеют различное устройство, но принцип действия их один и тот же: измеряются с помощью акселерометров ускорения ракеты, затем эти ускорения интегрируются по времени, в результате чего получается скорость полета. Интегрирование скорости по времени дает возможность получить пройденный ракетой путь и координаты местонахождений. Принцип действия астро-инерциального ориентатора можно уяснить на простейшей схеме (рис. 27).

Представим себе телескоп, установленный на ракете и автоматически следящий за звездой. Поскольку звезда

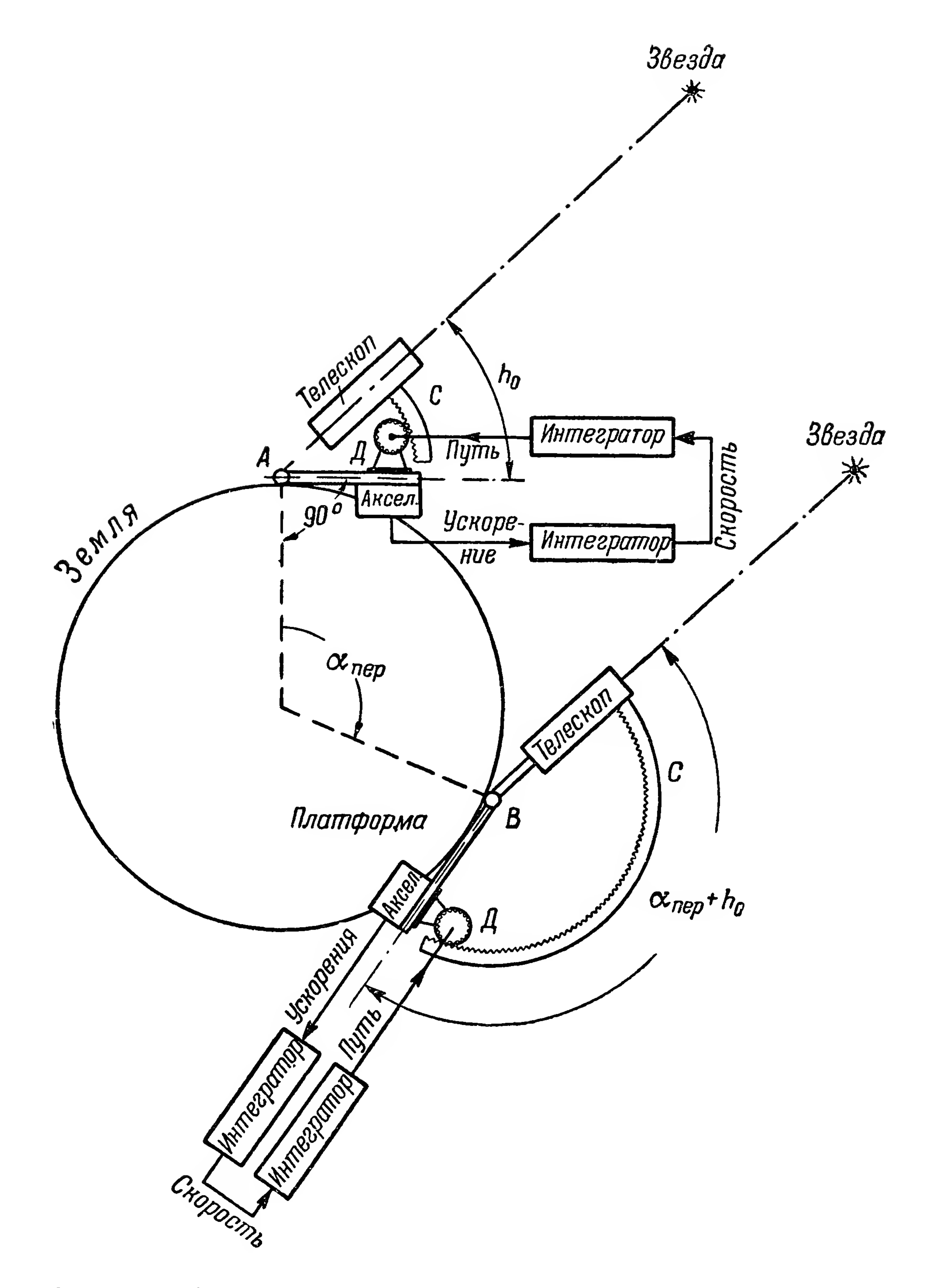


Рис. 27. Схема, поясняющая принцип действия астроинерциального ориентатора:

Д — двигатель; *С* — редуктор; h_0 — высота светила: *А* и *В* — места нахождения астроинерциального ориентатора; $\alpha_{пер}$ — угол, определяющий положение платформы ориентатора (равный пройденному ракетой пути, деленному на радиус Земли)

удалена от Земли на огромное расстояние и лучи света, идущие от звезды, параллельны друг другу, то при перемещении телескопа из точки A в точку B его ось остается параллельной самой себе. К телескопу прикреплена на шарнире платформа, на которой помещены акселерометр и двигатель $Д$, связанный через редуктор C с телескопом. Акселерометр измеряет ускорения вдоль плоскости платформы.

Сигналы акселерометра интегрируются двумя последовательно включенными интеграторами. На выходе первого интегратора получаем скорость, а на выходе второго — пройденный путь. Двигатель $Д$ поворачивает платформу на угол $\alpha_{пер}$, который определяется как пройденный путь, деленный на радиус Земли. В результате если перед вылетом (в точке A) платформа была установлена точно горизонтально, а высота светила была равна углу h_0, то в процессе полета платформа непрерывно поворачивается двигателем $Д$ на угол $\alpha_{пер}$, и высота светила равна $h_0 + \alpha_{пер}$. При этом платформа во время полета сохраняет строго горизонтальное положение независимо от того, какие ускорения возникают в процессе полета ракеты. На рис. 27 было показано движение ракеты только в одной плоскости. Для получения величин и направлений скорости полета и пройденного пути используют два аналогичных устройства, направленных своими телескопами на два небесных светила. Поскольку каждое из этих устройств измеряет ускорение, скорость и путь в определенном направлении, то полная скорость и путь определяются как геометрическая равнодействующая из измеренных составляющих скорости и пути. Платформа с акселерометром в процессе полета сохраняет горизонтальное положение. Благодаря этому акселерометр не измеряет вертикальной составляющей ускорения, вызванного силой тяжести.

Если платформа имеет какое-либо начальное отклонение (угол β) относительно горизонтальной плоскости, то акселерометр будет измерять составляющую ускорения силы тяжести ($g \cdot \sin \beta$), которая проектируется на плоскость платформы (рис. 28). Интеграторы будут интегрировать эту составляющую, а двигатель $Д$ (на рис. 27) поворачивать платформу в сторону уменьшения угла β. В момент подхода платформы к горизонтальному положению составляющая ускорения ($g \cdot \sin \beta$) будет

равна нулю, но движение платформы не прекратится, так как первый интегратор накопит за это время наибольший сигнал. Под действием этого сигнала второй интегратор будет продолжать свою работу и заставит двигатель *Д* отклонять платформу в другую сторону относительно горизонтальной плоскости. В результате этого устанавливаются периодические незатухающие колебания с периодом 84,4 мин. (если ракета летит у поверхности Земли) и амплитудой, равной начальному углу отклонения платформы от горизонтальной плоскости.

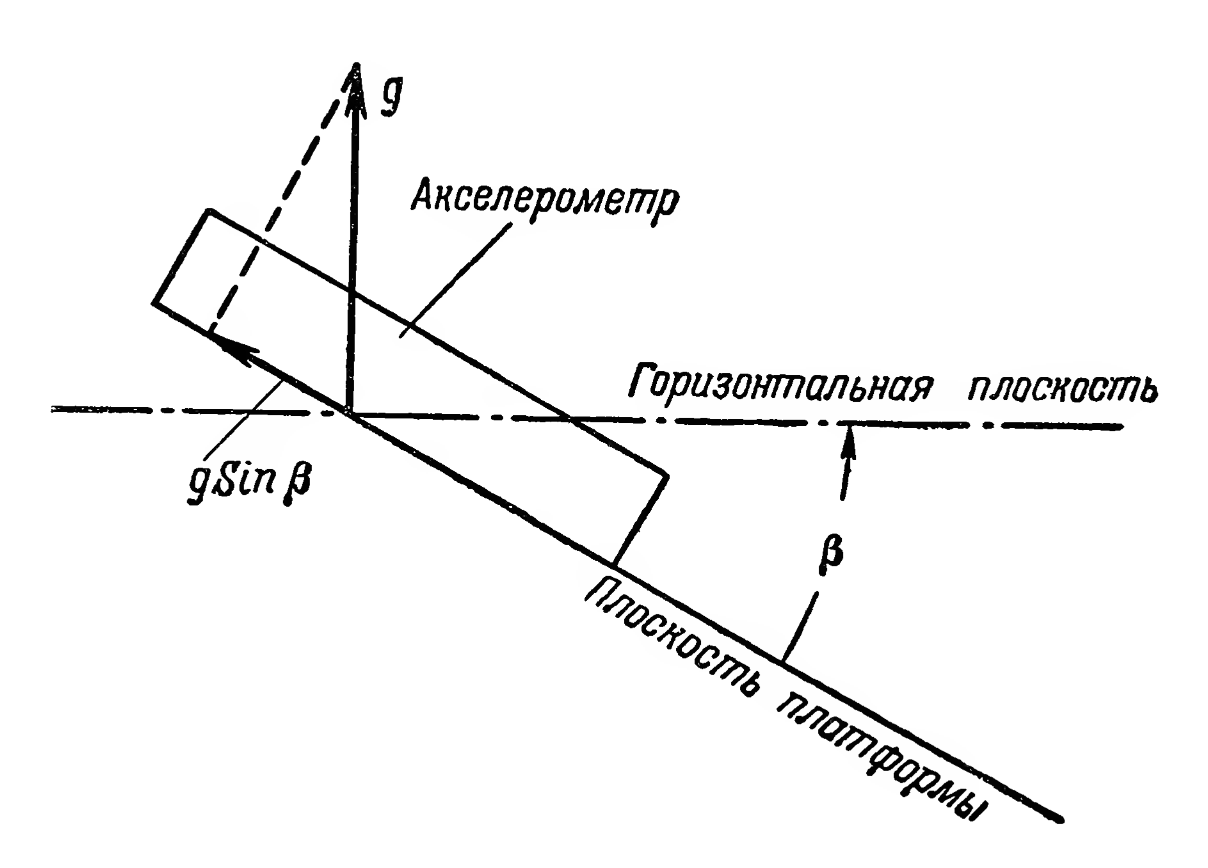


Рис. 28. Возникновение периодических незатухающих колебаний платформы астроинерциального ориентатора:

$g \sin\beta$ — проекция ускорения силы тяжести на плоскость платформы ориентатора

Интересно отметить, что таким же периодом колебаний обладает математический маятник (у такого маятника вся масса сосредоточена в одной точке), имеющий длину подвеса, равную радиусу Земли. Такой же период обращения вокруг Земли имел бы и спутник, если осуществить его полет на одинаковой с маятником высоте. Маятники с периодом 84,4 мин. обладают тем свойством, что они не раскачиваются от инерционных сил, возникающих при движении точки их подвеса.

Свойством такого маятника и обладает платформа с акселерометром астроинерциального ориентатора. Телескоп, следящий за небесным светилом, играет роль

устройства, сохраняющего неизменным направление своей оси в мировом пространстве. В гироинерциальном ориентаторе вместо телескопа используется гироскоп, который благодаря своему свойству устойчивости может также сохранять неизменным положение оси вращения в мировом пространстве. Однако по сравнению с астроинерциальным ориентатором гироинерциальный ориентатор совершенно не зависит от внешних условий полета и с этой точки зрения является абсолютно автономным. Но для получения высокой точности измерений скорости полета и пройденного ракетой расстояния гироинерциальный ориентатор должен иметь гироскопы с очень малым уходом от сил трения в опорах подвеса и разбалансировки. Если гироскоп имеет уход 1° в час, то гироинерциальный ориентатор будет давать погрешность в измерении пройденного расстояния, равную дуге в 1° на земной поверхности или 111 км за каждый час полета.

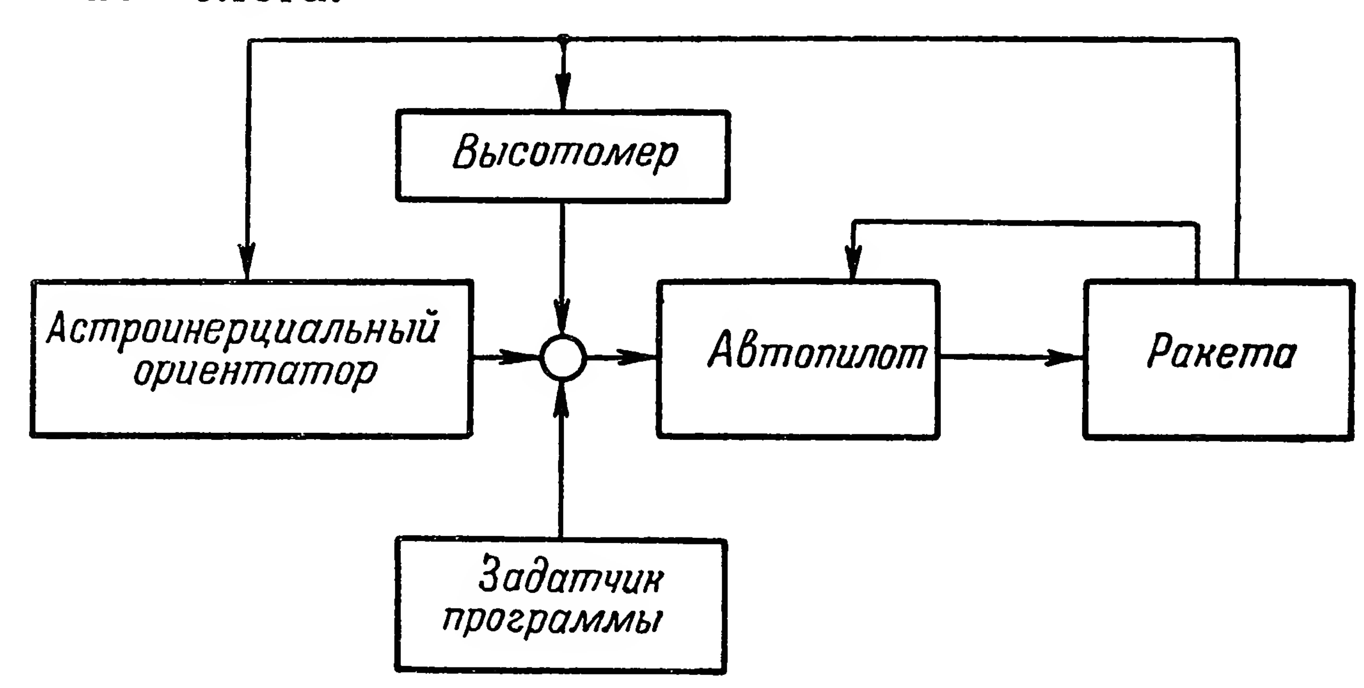


Рис. 29. Блок-схема управления полетом ракеты-носителя ИСЗ с помощью автономных средств навигации

Для гироориентаторов разрабатываются специальные гироскопы высокой точности, в которых вращающийся ротор-гироскоп помещается в герметичный поплавок, плавающий в жидкости с большим удельным весом. Подъемная сила поплавка подбирается равной его весу, благодаря чему давление в опорах кардана практически отсутствует, а вместе с этим исчезают и силы трения в опорах. Такие «плавающие» гироскопы и используются в ориентаторах, автопилотах и других автоматических устройствах на самолетах и ракетах.

Управление полетом ракеты с помощью автономных средств навигации сводится к следующему (рис. 29).

Задатчик программы задает траекторию, по которой должна лететь ракета. Астроинерциальный ориентатор (или гироинерциальный ориентатор) и высотомер измеряют фактические координаты местонахождения ракеты относительно Земли.

Если фактическое положение ракеты отличается от заданного, то возникает разность сигналов между задатчиком программы и измерителями координат местонахождения. Эта разность координат в виде электрических сигналов подается на автопилот, который управляет рулями ракеты таким образом, чтобы возвратить ракету в заданное программой место. Конструктивные параметры автопилота обычно подбираются таким образом, чтобы процесс управления ракетой на траектории происходил плавно, без больших отклонений и с затухающими колебаниями. Процесс управления полетом ракеты по заданной траектории связан с решением ряда сложных математических задач. Решение этих задач с помощью старой вычислительной техники, основанной на применении счетно-решающих устройств непрерывного действия, приводит к тому, что объем и вес вычислительной машины может возрасти до недопустимо больших размеров, а это особенно сильно отражается на летных свойствах ракеты. На современных и перспективных ракетах предполагают устанавливать дискретные цифровые вычислительные устройства, основанные на использовании полупроводниковых элементов и кристаллических диодов и триодов. Такие вычислительные устройства позволяют решать математические задачи с неограниченной точностью, чего нельзя получить от вычислительных устройств непрерывного действия, а их конструкция может быть компактной, небольшого веса и с незначительным потреблением электроэнергии.

Мы остановились только на самых важных приборах ракеты-носителя. В действительности их может быть гораздо больше, и все процессы, связанные с управлением полета ракеты, будут значительно более сложными. Необходимо иметь в виду также, что во всех странах мира усиленно работают над отдельными типами таких приборов и над методами осуществления различных этапов управления. Приборы, которые три — че-

тыре года тому назад считались совершенными, в настоящее время благодаря огромному прогрессу в данной области уже устарели. Можно сказать, что каждый день приносит в этой области что-либо новое.

Запуск в Советском Союзе искусственных спутников Земли мог быть осуществлен лишь с помощью совершенных, чувствительных, точных и надежных автоматических приборов управления ракетой.

В статье, опубликованной в газете «Вашингтон пост энд Таймс геральд», американцы вынуждены признать, что советские ученые создали и применили электронные компоненты и механические устройства, над которыми ученым Соединенных Штатов все еще приходится работать. Об этом убедительно говорит успешный вывод советского спутника на орбиту, при котором ни один компонент ракеты «не может сработать неправильно, не поставив под угрозу весь полет».

В Соединенных Штатах считают, что даже ошибка, равная плюс или минус одному градусу угла орбиты, привела бы к неудаче. Успешный запуск советского спутника означает, что построенный русскими электронный мозг работал безупречно в моменты полета, корректируя любые отклонения и бесперебойно отделяя различные части ракеты-носителя. По общему мнению, создание спутника навеки уничтожило «западное представление» о том, что «русские не могут сравниться с Соединенными Штатами в области электроники».

Глава IV

КАКИЕ МОГУТ БЫТЬ ТИПЫ ИСЗ?

1. Классификация спутников Земли

Еще до успешного запуска в СССР первых ИСЗ в ряде стран были разработаны проекты спутников.

Проекты ИСЗ отличаются друг от друга размерами, формой, высотой орбиты, назначением и т. д.

К настоящему времени в различных странах мира создано большое количество различных проектов искусственных спутников Земли и сотни проектов межпланетных станций, являющихся по существу также спутниками Земли, но стационарного типа. По назначению все искусственные спутники Земли могут быть разделены на три основных класса:

I — малые орбитальные спутники Земли;

II — сателлоиды;

III — искусственные спутники Земли стационарного типа, или межпланетные станции.

Подавляющее большинство проектов спутников Земли носит фантастический характер, однако некоторые из них заслуживают подробного рассмотрения и изучения, так как они научно обоснованы, конструктивно оригинально разработаны и будут реализованы в самое ближайшее время. Не останавливаясь на подробном описании отдельных конструкций, мы все же кратко познакомим читателя с некоторыми из них.

2. Малые орбитальные спутники Земли

В период Международного геофизического года СССР осуществил запуск первых в мире искусственных спутников Земли. США также запустили свой первый ИСЗ.

Некоторые американские ученые по-прежнему высказываются за создание спутника диаметром около 500 мм и весом 10 кг, который будет запущен с помощью трехступенчатой ракеты. Спутник будет делать 1 оборот вокруг Земли за 1,5 часа, двигаясь по круговой орбите на высоте 320—480 км со скоростью 29 000 км/час. Орбита должна проходить через Северный и Южный полюсы. Одна из сторон спутника должна быть все время повернута в сторону Солнца, для того чтобы освещался преобразователь солнечной энергии в электрическую, питающий научные приборы и радиостанцию, помещенные в ИСЗ. Радиосигналы со спутника, передающие результаты наблюдений, производимых приборами, будут приниматься радиостанциями многих стран мира. Предполагают, что спутник просуществует от нескольких дней до нескольких месяцев и будет виден невооруженным глазом при восходе и заходе Солнца; его точное положение, скорость и орбиту можно будет легко определять с поверхности Земли.

Первой ступенью американской составной ракеты-носителя спутника, вероятно, явится баллистическая ракета военного применения «Редстоун», второй — баллистическая высотная ракета «Аэроби-Хи». Третья ступень, т. е. собственно спутник, будет также снабжена ракетным двигателем для обеспечения необходимой орбитальной скорости.

В других источниках указывается, что первоначальной ступенью спутника сможет служить создаваемая баллистическая составная трансконтинентальная ракета, для которой конечная скорость наивысшей ступени составляет около 6700 м/сек.

В отношении типа первых спутников существует несколько проектов. Так, например, некоторые ученые считают, что спутник не обязательно должен представлять собой шар диаметром 500 мм и весом в 10 кг, что возможны и другие варианты выполнения спутников:

а) тело минимального размера и веса, рассчитанное не на визуальное наблюдение, а на передачу результатов

научных наблюдений с помощью радио; это тело может и не отделяться от последней ступени ракеты-носителя; подобные спутники носят название «активные спутники»;

б) большой раздвижной шар, обеспечивающий хорошую видимость спутника, но не приспособленный для несения научных приборов; это так называемые пассивные спутники.

Сведения о конструкциях первой группы спутников часто публикуются в различной периодической литературе, о второй группе — реже.

Вторая группа спутников является, очевидно, наиболее простой, поэтому начнем с нее и покажем несколько их проектов.

Так, например, специально для измерений больших расстояний на Земле, плотности атмосферы на больших высотах, а также для определения изменения силы тяжести по земной поверхности и уточнения формы Земли предполагается создать искусственный спутник без приборов.

Так как этот спутник никаких сигналов передавать не будет, а может служить только для наблюдения с земли, он назван «Маяком». Он будет представлять собою тонкостенный, покрытый алюминиевой фольгой пластмассовый шар, транспортируемый на орбиту в сложенном состоянии. На орбите, отстоящей на 320 км от Земли, его выбросят из ракеты и наполнят там воздухом или углекислым газом, что придаст ему форму шара диаметром около 3 м.

Считают, что такой шар будет с Земли казаться более ярким, чем звезда 1-й величины. Вне всякого сомнения, что при движении шара по орбите будет происходить утечка газа в пространство, но, тем не менее, он не потеряет своей формы, так как не будет сил, которые могли бы его сплющить.

Такой ИСЗ можно будет легко наблюдать и фотографировать в полете, что позволит точно вычислить его орбиту и интересующие расстояния на поверхности Земли. Доклад о таком ИСЗ был прочитан на международном конгрессе по астронавтике представителем института имени Франклина (в США). Предлагались такие «пассивные» спутники и в другом исполнении.

Больший интерес, конечно, вызывают малые радиофицированные спутники Земли, несущие в себе автоматизированную аппаратуру для научных наблюдений.

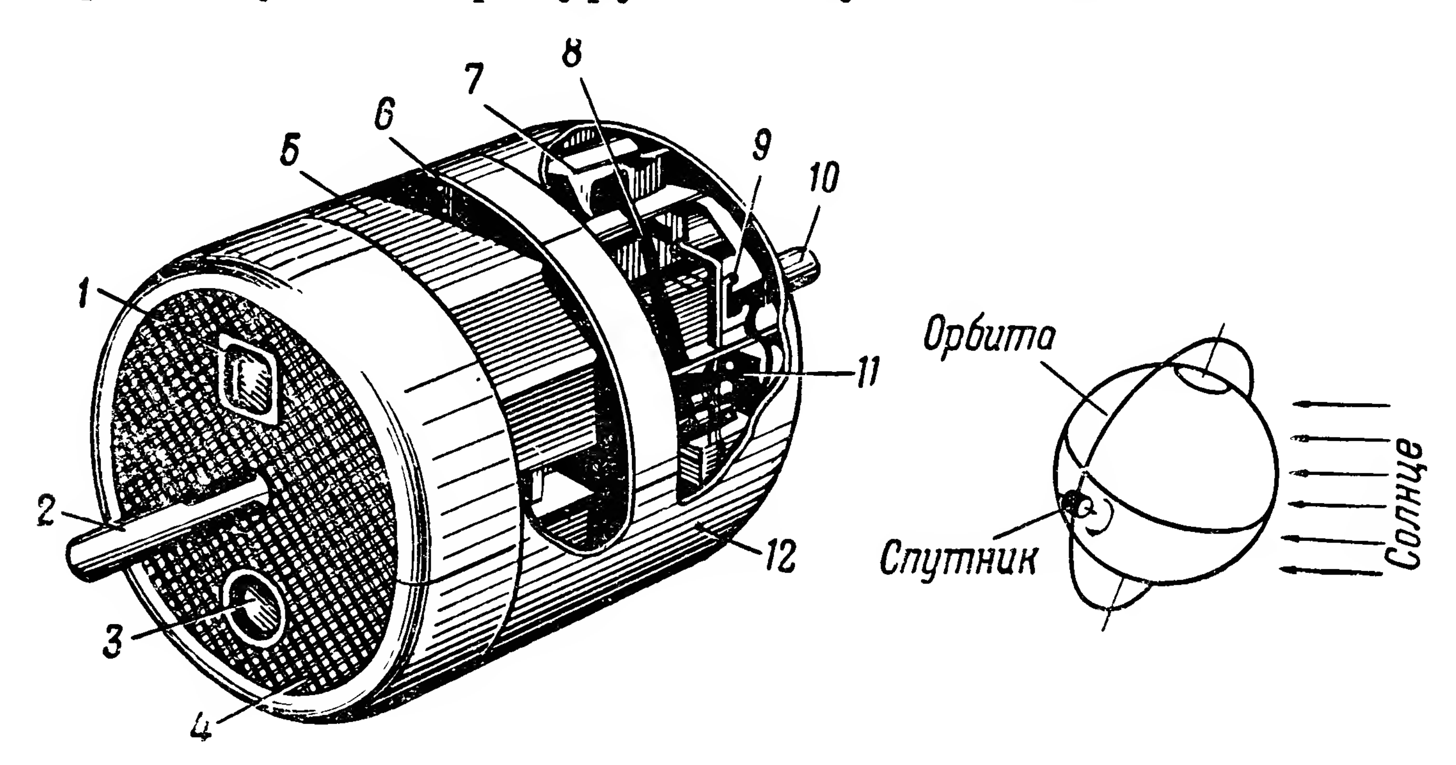


Рис. 30. Схема миниатюрного ИСЗ типа «Моузе», разрабо танного профессором Сингером (США):

1 — счетчик солнечных ультрафиолетовых лучей; *2* — антенна на стороне, обращенной к Солнцу, со счетчиком электронов и тяжелых частиц внутри; *3* — счетчик солнечных рентгеновских лучей; *4* — солнечная батарея; *5* — источник энергии; *6* — радиооборудование; *7* — измеритель альбедо Земли; *8* — коллектор космической пыли; *9* — магнетометр; *10* — антенна на теневой стороне со счетчиками космических лучей и частиц полярного сияния; *11* — радиопередатчик, работающий на ультракоротких волнах; *12* — радиолокационный маяк

Конструкции их могут быть весьма разнообразны. Предполагают, что окончательный вид конструкции спутника будет разрабатываться на основе проекта «Mouse», предложенного профессором Мерилендского университета Сингером (США). Форма малых автоматизированных ИСЗ Сингера имеет две разновидности — цилиндрическую (рис. 30) и сферическую (рис. 31). Причем в первом случае вес ИСЗ предполагают равным 45—50 кг при весе приборов в 20 кг, а во втором случае при большем диаметре ИСЗ (очевидно, для улучшения слежения за ними в полете) вес его находится в пределах 9 ÷ 14 кг при весе приборов 5 ÷ 6 кг.

3. Проекты ИСЗ «мышь» и другие малогабаритные спутники Земли

Название ИСЗ «Mouse» по-английски означает «мышь», но это лишь случайное совпадение, получившееся благодаря начальным буквам полного названия:

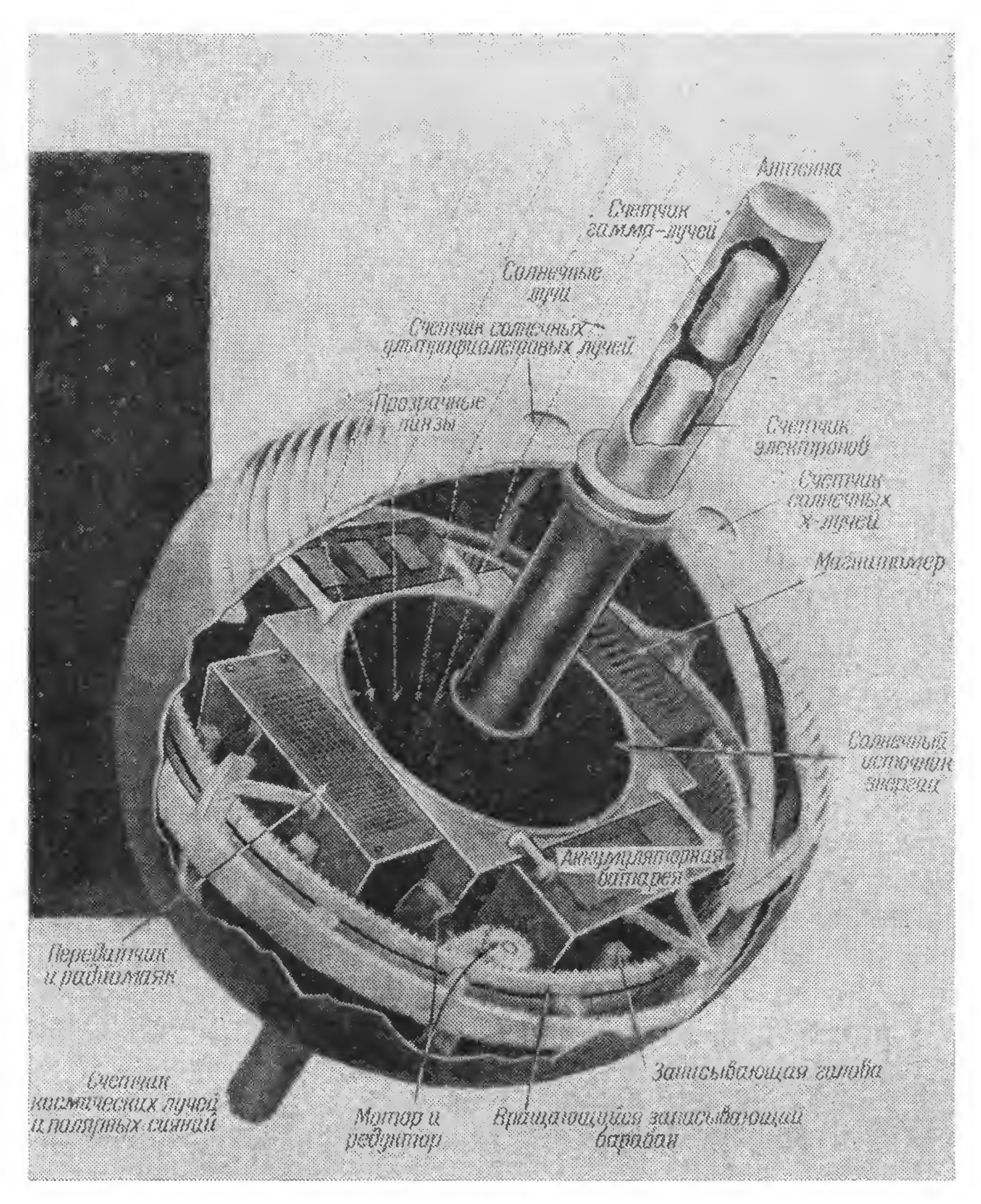


Рис. 31. Малый орбитальный необитаемый ИСЗ

«Minimum Orbital Unmanued Satellite of the Earrth», или «малый орбитальный необитаемый искусственный спутник Земли».

В процессе создания этот проект Сингера претерпел ряд изменений. Прежде всего нужно было четко определить цель запуска этого ИСЗ, т. е. конкретно наметить те вопросы, которые должны будут решаться с его помощью. Выше мы видели, что круг этих вопросов

чрезвычайно велик и многообразен, и поэтому естественно, что первый спутник не может разрешить их все. Следовательно, нужно было выделить минимальное количество основных задач, требующих разрешения в первую очередь, которые бы позволили перейти в дальнейшем к последовательному расширению круга изучаемых проблем.

Кроме того, первоначально считали, что искусственный спутник, постепенно затормаживаясь и теряя высоту, полностью не сгорит в плотных слоях атмосферы и заключенные в нем приборы удастся сохранить.

Это позволило бы избавиться от наличия в нем передающей радиоаппаратуры и источников ее питания. Благодаря этому, естественно, в спутнике можно было бы разместить ряд дополнительных исследовательских приборов и инструментов.

Однако проведенные исследования, к сожалению, заставили отказаться от мысли, что первые ИСЗ удастся сохранить, поэтому в переработанном виде проект профессора Сингера стал выглядеть таким образом.

Спутник будет представлять собою полый алюминиевый шар диаметром около 600 мм и весом около 10 кг (см. рис. 31). Стабилизация спутника в пространстве будет обеспечиваться приданным ему до взлета вращением вокруг одной из его осей, которая должна быть направлена на Солнце. К тому же предполагалось, что орбита этого спутника будет находиться в плоскости, проходящей через полюсы Земли и перпендикулярной к солнечным лучам. Поэтому к Солнцу будет обращена всегда одна и та же сторона спутника, на которой будут расположены пластические линзы, обеспечивающие получение максимального количества солнечной энергии для зарядки его аккумуляторных батарей.

По оси спутника будет расположена полая алюминиевая труба, концы которой должны выполнять роль антенны.

В спутнике, кроме того, будут размещены счетчики космических лучей, электронов, гамма-лучей и других частиц.

Корпус спутника будет иметь два окна. Стекло одного из них специального состава будет пропускать только ультрафиолетовые лучи, материалом стекла другого окна будет служить сплав с бериллием, пропускаю-

щий только рентгеновские лучи. Внутри спутника у соответствующих окон будут установлены счетчики ультрафиолетовых и рентгеновских лучей, кроме того, там будет находиться магнитометр и измеритель альбедо[1] Земли. Запись всех этих наблюдений будет производиться на магнитную ленту. Так как запасы энергии на спутнике будут весьма ограничены, то передача данных на Землю будет производиться во время каждого оборота вокруг Земли только в самый выгодный момент, когда он будет проходить над приемными станциями, расположенными вблизи северного и южного полюса. В этот момент с Земли (а возможно, и с самолета) по радио будет запущен передатчик спутника, который в течение 30 секунд передаст все данные, записанные на ленту барабана (полученные ИСЗ), пока он летел от одного полюса к другому.

Для того чтобы успеть передать всю запись, скорость вращения барабана во время передачи должна во столько же раз превышать скорость вращения его при записи, во сколько раз время, за которое спутник делает половину оборота вокруг Земли, превышает время передачи.

Мы уже говорили, что этот ИСЗ будет делать полный оборот вокруг Земли за 90 минут. Сингер считает, что такой спутник сможет просуществовать около 12 дней и, таким образом, сделает за это время около 200 оборотов вокруг Земли.

Отметим, что рассмотренный нами проект Сингера все время подвергается некоторым изменениям. Например, недавно в печати появилось краткое сообщение о том, что Сингер изменил форму спутника и что в последнем варианте он стал более компактным и представляет собою уже не шар, а цилиндр, вращающийся вокруг продольной оси с полезным грузом в 20 кг (имеются в виду только приборы).

Остановимся еще на некоторых проектах малых автоматизированных спутников Земли, имеющих специфические особенности, отличающие их от вышеописанных.

---

[1] Альбедо показывает, какую долю падающего света отражает данная поверхность.

4. Устройство американского автоматизированного искусственного спутника Земли

На состоявшемся в Нью-Йорке собрании общества прибористов исследовательской лаборатории военно-морского флота США была продемонстрирована модель проекта малого автоматизированного ИСЗ (рис. 32).

ИСЗ помещается в головную часть ракеты-носителя (длина ракеты 21,6 м, а вес 11 т), с помощью которой и предполагается его запустить на заранее рассчитанную орбиту с перигеем в 550 км и апогеем в 2200 км.

Проектируемый искусственный спутник Земли представляет собой шар диаметром 508 мм с общим весом 9,5 кг. Он имеет 4 выдвижные антенны *3*, представляющие собой четвертьволновые вибраторы, расположенные по сфере спутника через 90°. Все они примут рабочее положение, т. е. выдвинутся из корпуса ИСЗ наружу, в момент, когда ИСЗ будут находиться на своей заранее рассчитанной орбите.

Сообщается, что первые спутники будут иметь только передатчик «Минитрек», однако последующие модели спутников будут включать в себя как систему «Минитрек», так и телеметрическую систему. Радиопередатчик типа «Минитрек» предназначен для пеленгации спутника. Это однокаскадный генератор, собранный на одном полупроводниковом триоде и непрерывно излучающий радиосигналы.

Мощность радиопередатчика 0,01 вт, его вес вместе с батареями не превосходит 400 г. Рабочая частота передатчика (108 мггц) обеспечивает приемлемые вес и КПД генератора, с одной стороны, и достаточно малое влияние ионосферы на условия распространения радиоволн, —с другой. На предполагаемой высоте полета спутника порядка 480 км ионизированный слой газов является своеобразным окном для электромагнитных волн, имеющих частоту 108 мггц. Однако при этом будет некоторая рефракция радиоволн и при приеме сигналов наземными станциями угловая ошибка в определении положения спутника. При увеличении частоты радиоволн эта угловая ошибка может быть уменьшена, но увеличение частоты приводит к уменьшению КПД и увеличению веса передатчика.

В печати сообщалось, что инженеры научно-исследовательской лаборатории ВМФ США разработали схему, которая позволяет ставить научные эксперименты с применением телеметрической аппаратуры на разных спутниках без нарушения конструктивной основы. Вся

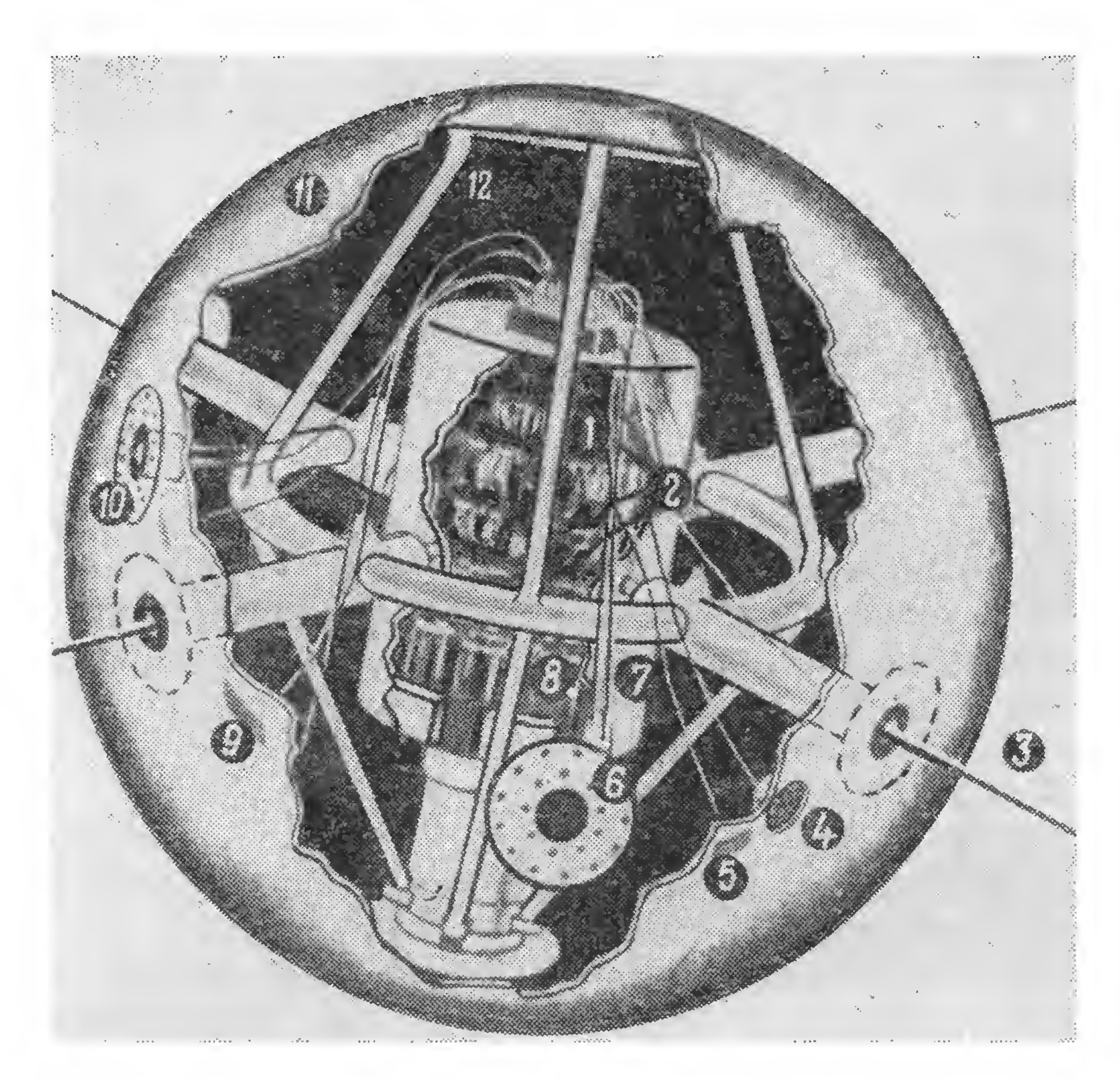


Рис. 32. Устройство малого автоматизированного ИСЗ: *1* — радиопередатчик типа «Минитрек»; *2* — счетно-решающий и запоминающий прибор; *3* — выдвижные антенны; *4* — чувствительный микрофон; *5* — электрические термометры; *6* — фотоэлементы запоминающего устройства; *7* — корпус (цилиндр) для аппаратуры; *8* — источники питания (батарея ртутных элементов); *9* — приборы для регистрации эрозии; *10* — газовая камера для измерения ультрафиолетового излучения; *11* — поверхность ИСЗ; *12* — индикатор давления, регистрирующий удары метеоритов

радиоаппаратура выполнена с применением печатного монтажа. Система креплений аппаратуры спроектирована таким образом, что позволяет легко менять высоту приборов при сохранении их диаметра.

Для передачи измеренных системой телеметрии параметров предполагается использовать специальный пере-

датчик мощностью 100 мвт, имеющий рабочую частоту 220 мгц. Модуляция в телеметрическом передатчике осуществляется по амплитуде в соответствии с сигналами кодирующего входного устройства.

Энергия телеметрического передатчика расходуется только после приема запрашиваемого импульса с Земли. Электропитание на ИСЗ осуществляется от ртутных батарей *8*. Емкость этих батарей рассчитана на две недели непрерывной работы.

Вся основная аппаратура для наблюдений и передатчик помещены в легкий изолированный цилиндр *7*, 130 × 75 мм, который прикреплен к внутреннему кольцу ИСЗ, как показано на рис. 32.

Для разрешения ряда научных задач на этом первом ИСЗ имеются специальные приборы. Основными из них являются:

— чувствительный микрофон *4*, воспринимающий удары метеоритной пыли о поверхности ИСЗ;

— приборы *9*, регистрирующие эрозию оболочки, возникающую в результате воздействия метеоритной пыли;

— индикатор давления *12*, регистрирующий попадания в ИСЗ метеоритов;

— электрические термометры *5*, измеряющие температуру от + 150°С до — 140°С;

— газовая камера *10*, измеряющая ультрафиолетовое излучение Солнца.

Один из упомянутых термометров *5* будет измерять внутреннюю температуру спутника в диапазоне 0° +80° С. Два других, на оболочке спутника, будут измерять температуру вследствие аэродинамического нагрева и изменения температуры по мере движения спутника по орбите. Аэродинамический нагрев, как ожидается, не будет превышать + 150°С, а температура в разных точках орбиты будет изменяться от — 40°С до + 75°С.

Для получения информации о бомбардировке спутника метеоритными частицами могут быть использованы следующие методы.

На ракете устанавливается кристаллический микрофон *4* и усилитель для регистрации ударов частиц. Этот метод дает данные о числе частиц и их скорости. На спутнике будет использоваться усилитель на транзисторах и счетчик, способный регистрировать удары частиц вели-

чиной от 1 микрона до видимых размеров. Блок весит 1,2 кг и может работать в течение 30 дней.

Измерение сопротивления материала обшивки спутника с помощью специального прибора позволит определить интенсивность ударов частиц через эрозию (разрушение) оболочки спутника.

Использование радиоактивных материалов и счетчиков Гейгера также позволит определить результаты бомбардировки спутника частицами по величине поверхностной эрозии.

Для исследования солнечной радиации предусматривается измерение освещенности на «светлой» и «темной» сторонах спутника (сферы), а также изучение водородной линии Лайман-Альфа. Прибор для обнаружения спектральной линии Лайман-Альфа представляет собой ионизационную камеру, чувствительную к ультрафиолетовому излучению с максимальной чувствительностью к водородной линии Лайман-Альфа (1215,7 Å [1]). Эта камера заполнена окисью азота. Солнечное излучение поступает в камеру через окно из фтористого лития, которое является фильтром, обеспечивающим проникновение в камеру излучения только требуемой длины волны. Известно, что внезапные ионосферные возмущения, ослабление радиосвязи связаны с солнечными пятнами. Интенсивность водородной линии Лайман-Альфа зависит от интенсивности солнечных пятен, и поэтому ее изучение представляет большой интерес. Информация о линии Лайман-Альфа будет запоминаться на борту с помощью прибора, а затем передаваться по телеметрии на Землю. Установленное на внешней поверхности спутника окно камеры будет проходить мимо Солнца один раз за один оборот спутника вокруг Земли. При этом будет заряжаться электрометр. Пиковое значение выходного сигнала электрометра сохраняется в качестве заряда на емкости. Запрос во время телеизмерения импульсом с Земли замыкает переключатель, соединяющий заряженный конденсатор со входом телеметрической системы. Конденсатор разряжается и приготовляется к следующему прохождению мимо Солнца.

Информация об облачном покрове Земли может быть получена с помощью трех фотоэлементов *6*, установлен-

[1] Å — ангстрем равен 10^{-8} см.

ных на внешней поверхности сферы. Фотоэлементы могут осмотреть Землю от горизонта до горизонта по мере движения спутника вокруг Земли. Так как отражение сигналов от облаков составляет около 55%, а отражения от Земли составляют около 10—35%, то образования облаков могут быть различимы. Форму облаков также можно определить с помощью информации о положении спутника и сигналов фотоэлементов. Ожидается, что эта аппаратура будет полезна для раннего обнаружения ураганных образований.

Сообщается, что люки для измерительных приборов располагаются в экваториальной плоскости спутника, причем люки для наблюдения Солнца расположены на 180° от люков для ионизационной камеры. Складывающиеся диполи антенны располагаются под углом 45° к указанным люкам. Такое расположение должно помочь определению ориентации четырех четвертьволновых диполей по отношению к Земле. Это необходимо для целей изучения верхних слоев ионосферы, вызывающей рефракцию радиоволн.

Искусственный спутник Земли имеет блестящую металлическую позолоченную поверхность *11*, рассчитанную на максимальную отражательную способность, что значительно облегчит задачу наблюдения за ним с Земли.

Спутники, подготавливаемые американскими учеными, представляют резкий контраст по весу даже с первым советским спутником (83,6 кг). Этот факт больше всего доставляет беспокойства за рубежом, как неоспоримое доказательство могущества советской ракетной техники. Как сообщали газеты, после запуска второго советского искусственного спутника Земли весом свыше 500 кг, оснащенного совершенной исследовательской аппаратурой, в Пентагоне царила «атмосфера, граничащая с паникой».

Широко разрекламированная буржуазной прессой попытка запустить в штате Флорида американский искусственный спутник Земли «Авангард» окончилась 6 декабря 1957 г. полной неудачей. В момент запуска трехступенчатая ракета «Авангард», заключавшая в себе полуторакилограммовый спутник размером в небольшой детский мяч, поднялась над основанием площадки всего на один метр, затем упала на прежнее место, взорвалась и сгорела. Огромное пламя и клубы дыма явились для

сотен собравшихся вдали корреспондентов и публики первым известием о конце представления, продолжавшегося всего около двух секунд. Человеческих жертв не оказалось лишь потому, что осуществлявшие запуск 42 техника, в том числе 20 представителей фирмы «Мартин компани», строившей ракету «Авангард» по заказу военно-морского ведомства, были заблаговременно укрыты за массивными блиндажами на почтительной дистанции от ракеты.

Журнал «Тайм» привел подробное описание провала попытки США запустить свой искусственный спутник Земли.

6 декабря 1957 года, пишет журнал, на протяжении нескольких миль вокруг мыса, примерно в трех милях от стартовой площадки, на улицы, во дворы, на дороги и общественные пляжи высыпали школьники, домашние хозяйки, солдаты, служащие.

В 11.44 последняя «пуповина» — кабель, соединяющий ракету со стартовым устройством, был отсоединен и упал вниз. Несколькими секундами позже у основания «Авангарда» ТВ-3 появились первые следы белоснежного выхлопа. Доктор Дж. Паул Уолш, заместитель директора проекта «Авангард», стоя у прямого провода, соединяющего его с Вашингтоном, передавал: «Ноль... запуск... запал...» Затем неожиданно он воскликнул: «Взрыв!..»

В течение примерно двух секунд «Авангард» строго следовал по программе. Он медленно, как бы раздумывая, поднялся со стартовой площадки — один фут, два фута, три фута. Одно мгновение казалось, что он стоит неподвижно на месте. Затем из-под нижней части ракеты вырвался оранжевый язык пламени, затем с правой стороны ракеты вырвался огненный шар на высоту в 45 метров.

«Взрыв! — кричал по радио пилот-наблюдатель. — Район запуска охвачен черным дымом... Мы не видим ракету со спутником... Мы не видим ракету, на которой находится наш спутник... Ракета, по-видимому, не оторвалась от Земли... Над ней поднимается огромное облако черного дыма — весь район вокруг места запуска окутан дымом».

К этому времени «Авангард» представлял собой жалкое зрелище: он повалился на хвост, носовая часть его отлетела, он окутался разноцветным пламенем.

Таков финал рекламной шумихи вокруг ракеты «Авангард», начатой в июле 1955 года и рассчитанной не столько на поддержку научного участия США в проведении Международного геофизического года, сколько на раздувание «холодной войны» против Советского Союза.

Член-корреспондент Академии наук СССР Е. К. Федоров писал: разве не для устрашения всего мира беззастенчиво рекламировался пресловутый проект «Авангарда» в течение нескольких лет? Разве не этой же цели служат рассуждения о так называемой «метеорологической войне», время от времени появляющиеся в иностранной печати?

По свидетельству мировой печати, запуск двух советских искусственных спутников Земли весьма поколебал престиж США. И не лихорадочное ли стремление во что бы то ни стало сохранить этот престиж заставляет некоторых деятелей США перенапрягать все свои силы в попытках запустить хоть что-нибудь в космическое пространство? Ломаются планы ученых, брошен на склад показанный на многих выставках красивый макет спутника «Авангард». На старт 26 января 1958 г. ставится ракета, предназначенная для запуска на орбиту тела, составляющего по весу менее 0,3 процента от второго советского спутника! Лопается и эта ракета!

Конечно, американские ученые и инженеры изготовили и запустили бы свой первый спутник раньше и лучше, если бы не лихорадочные стремления реакционных кругов поскорее запугать весь мир.

США 31 января 1958 г. осуществили запуск ИСЗ с помощью ракеты «Юпитер-С».

Из сообщений американской печати нам известны трудности, с которыми пришлось встретиться американским ученым и инженерам при запуске спутника «Авангард». Но мы были уверены в том, что в недалеком будущем они сумеют преодолеть эти трудности и осуществить запуск искусственного спутника.

По поступившим сведениям, американский искусственный спутник «Исследователь» движется по орбите, средняя высота которой порядка 700 миль [1]. Скорость спут-

[1] Соотношение между единицами измерения, встречающимися в книге, и метрическими мерами — 1 миля = 1,609 км; 1 дюйм = = 2,54 см; 1 фунт = 0,454 кг.

ника достигает восемнадцати тысяч миль в час. Время его обращения вокруг Земли 106 минут.

По своей яркости он подобен звезде пятой — шестой величины. Это означает, что наблюдать его невооруженным глазом почти невозможно.

Спутник имеет форму металлической трубы длиной в восемьдесят дюймов и диаметром в шесть дюймов. В нем установлены два радиопередатчика. Один из них имеет мощность шестьдесят милливатт и передавал ровные, непрерывные по тону радиосигналы на частоте в 108,03 мегацикла. Ожидается, что он будет посылать сигналы в течение двух — трех недель.

По своему весу американский спутник примерно в шесть раз легче первого советского спутника и в 36 раз легче научной аппаратуры и оборудования второго советского спутника.

Последняя ступень ракеты «Юпитер-С» плюс цилиндрическая оболочка спутника, содержащая научные приборы, имеют 80 дюймов в длину при диаметре 6 дюймов. Вес самого спутника 18,13 фунта, последней ступени ракеты после выгорания горючего — 12,67 фунта, таким образом, спутник с ракетой-носителем весит 30,8 фунта, то есть около 14 кг.

Как передает корреспондент агентства Ассошиэйтед Пресс Хайтуэр из Вашингтона, в американских руководящих официальных кругах признают, что «было бы глупо недооценивать руководящую роль, которую сыграла Россия в результате запуска двух спутников за несколько месяцев до того, как Соединенным Штатам удалось запустить свой спутник».

Пусть кое-кто за рубежом утешает себя тем, что советские успехи в запуске искусственных спутников Земли являются результатом отдельного «рывка» в решении определенной изолированной технической задачи. Наиболее трезво рассуждающие представители капиталистического мира уже начинают понимать, что советские спутники — это лишь один из показателей все более нарастающей силы социалистического строя в его соревновании с капитализмом. Чем дальше, тем больше будет таких показателей.

Член-корреспондент Академии наук СССР Герой Социалистического Труда В. Глушко говорил, что успешный запуск в СССР ракет с искусственными спутниками

Земли в наступившем Международном геофизическом году — акт исключительной важности.

Запуск спутников в Международном геофизическом году — лучший памятник Циолковскому к 100-летию со дня его рождения.

Советские искусственные спутники Земли были снабжены достаточно мощной передающей радиостанцией. Прием этих сигналов был доступен не только ведомственным радиоприемным установкам, но и широкому кругу радиолюбителей.

Первые советские спутники Земли во много раз тяжелее, чем первый искусственный спутник Земли в США.

Создание первых искусственных спутников Земли ознаменовало овладение человеком первой космической скоростью, составляющей почти 8 километров в секунду. Такая скорость минимально необходима, чтобы покинуть поверхность Земли.

Для того, чтобы искусственный спутник мог навсегда покинуть Землю и превратиться в спутника Солнца, в самостоятельную планету, необходимо достигнуть второй космической скорости — 11,2 километра в секунду. Третья космическая скорость — 16,5 километра в секунду минимально необходима, чтобы навсегда покинуть нашу солнечную систему.

Овладение каждой из этих критических космических скоростей будет знаменовать эпоху в истории развития человечества. И каждое из этих замечательных событий будет связано с именем великого сына нашей Родины, патриарха звездоплавания Константина Эдуардовича Циолковского.

В трудах Циолковского намечены пути последовательного овладения заатмосферным пространством, устройства в мировом пространстве крупных поселений, описаны жизнь в этих колониях, создание там новой энергетики и промышленности, нового вида архитектурной строительной техники, нового вида пищевой промышленности. Непосредственное проникновение человечества в космос не только позволит достигнуть материального и энергетического изобилия, но и в первую очередь необычайно обогатит науку, откроет перед ней новые возможности, недоступные на дне воздушного океана, окружающего нашу планету.

Воистину величественные картины будущего нарисовал ученый-мыслитель и тем воздвиг себе вечный памятник.

5. Возможные формы ИСЗ

В заключение нашего краткого ознакомления с некоторыми существующими проектами ИСЗ остановимся еще на одном.

Недавно в США была изготовлена модель типового автоматизированного неуправляемого спутника (рис. 33). Она представляет собою шар диаметром 410 мм и весит 11,5 кг. Корпус модели сделан из прозрачной пластмассы для того, чтобы можно было судить о приборах, расположенных внутри. Эти приборы изготовляются промышленностью и по характеру действия относятся или к приборам наблюдения за отдельными физическими явлениями в космосе, или к аппаратуре, поддерживающей связь с землей и передающей полученные сигналы.

Этот спутник представляет собою по существу один из упрощенных вариантов проекта профессора Сингера и поэтому может явиться иллюстрацией, дополняющей описание, приведенное выше.

Все приборы, находящиеся на ИСЗ, должны удовлетворять уже известным нам требованиям в отношении веса, компактности и минимального потребления электроэнергии. На них также не должны воздействовать значительные ускорения, возникающие при запуске ИСЗ. Они не должны быть чувствительными к возможному вращению спутника около его центра инерции во время полета по орбите, которое может возникнуть под действием возмущающих сил.

Нужно сказать, что об этих возмущающих внешних силах известно очень мало. Однако мы уже упоминали о том, что имеются сведения о существовании в ионосфере весьма сильных вихрей и мощных потоков метеоритной пыли, с которыми нельзя не считаться.

В этой связи нам придется остановиться на геометрической форме искусственного спутника. Наиболее распространенной и удобной сейчас признается шарообразная форма. Шар имеет всегда одинаковую поверхность сопротивления. Это обстоятельство является важным для ученых, которые будут измерять сопротивление воздуха движению ИСЗ, что необходимо для получения данных

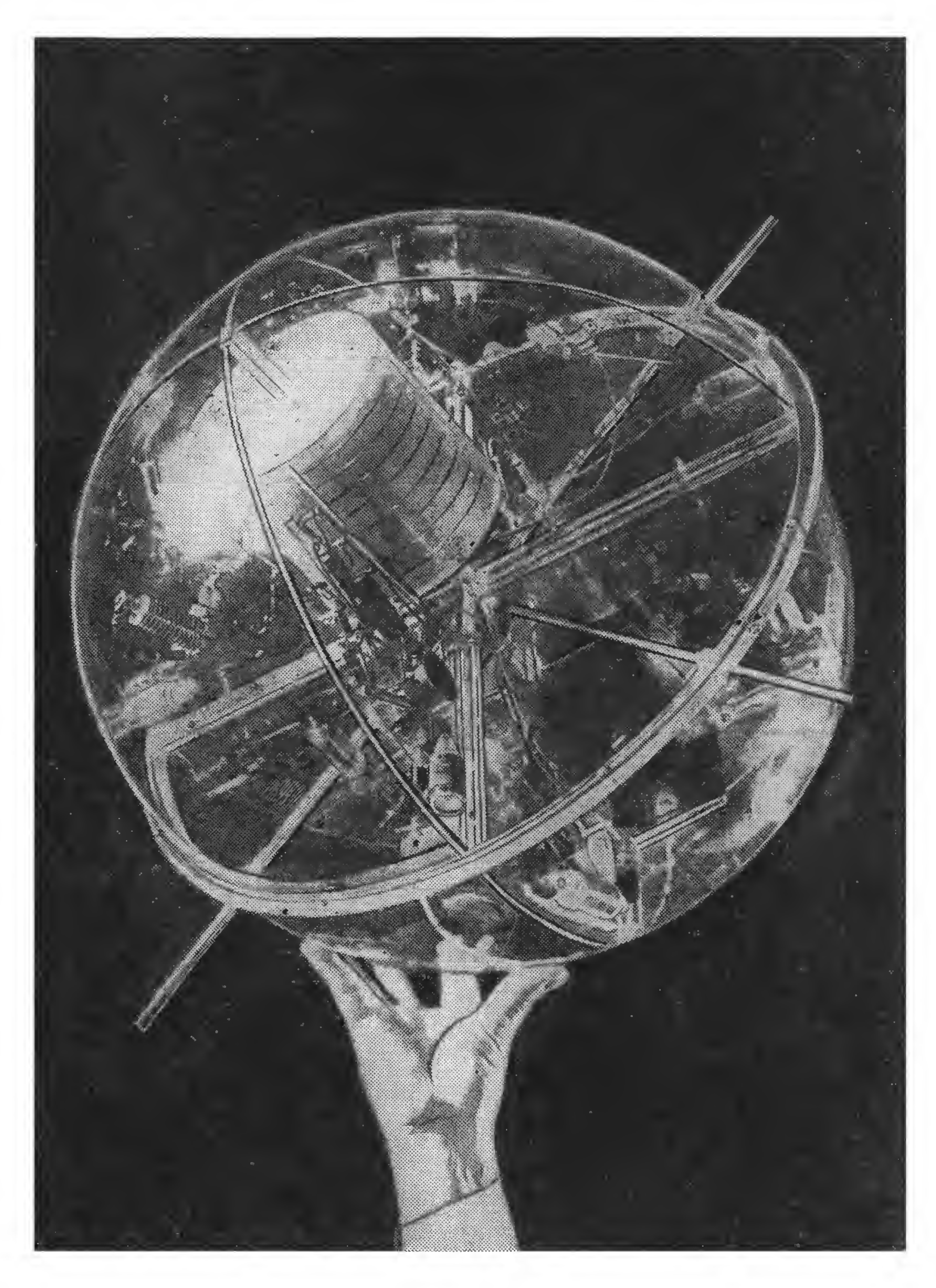


Рис. 33. Модель автоматизированного неуправляемого спутника Земли с приборами, размещенными в нем

о плотности атмосферы на больших высотах. Шарообразная форма более удобна и в том отношении, что ИСЗ такой формы будет иметь гораздо меньшую тенденцию к опрокидыванию, чем, например, спутник цилиндрической или сигарообразной формы. Однако недостатком шара является то, что в нем труднее разместить приборы и оборудование, чем на спутниках другой формы.

Размещение приборов внутри спутника должно производиться в определенном порядке, для того чтобы получить нужное распределение весов внутри его объема и обеспечить строго определенное положение центра тяжести спутника. Эта работа, называемая балансировкой, является весьма сложной и должна осуществляться с очень большой точностью.

Что касается веса и размеров ИСЗ, то можно сказать, что их вес зависит в основном от возможностей ракеты-носителя, а размеры спутника — от размеров третьей ступени этой ракеты. Считают, что ИСЗ, отделяющийся от последней ступени, не обязательно должен быть заключен внутри самой ракеты. Он может в некоторых случаях находиться в углублении носовой части ракеты. В этом случае диаметр ИСЗ может превосходить диаметр носителя, но не очень сильно, так как это может привести к изменению баллистических характеристик самой ракеты и к значительному увеличению сопротивления воздуха.

Полагают, что в некоторых случаях будет выгодно применить специальный обтекаемый колпак (защитный конус), который будет надеваться на ИСЗ на время его полета в ракете. После выхода на орбиту колпак (защитный конус) будет отбрасываться, а ИСЗ вытолкнут из специального гнезда в носовой части ракеты с помощью сжатого воздуха или пружиной (рис. 34—35). Первый советский искусственный спутник Земли был закрыт таким защитным конусом. В тот момент, когда двигатель последней ступени закончил свою работу, защитный конус был сброшен, спутник отделился от ракеты и начал двигаться самостоятельно. На первых порах шарообразный спутник, ракета-носитель и защитный конус двигались на небольшом расстоянии друг от друга, а затем разошлись. Объясняется это небольшим различием в их скорости и главным образом тем, что все три тела испытывали различное торможение в верхних слоях атмосферы.

Спутник может и не отделяться от последней ступени ракеты-носителя. Как известно, второй советский спутник Земли представляет собою последнюю ступень ракеты, достигшей скорости около 8 км в секунду на эллиптической орбите, наибольшее удаление которой от земной поверхности составляет свыше 1700 км.

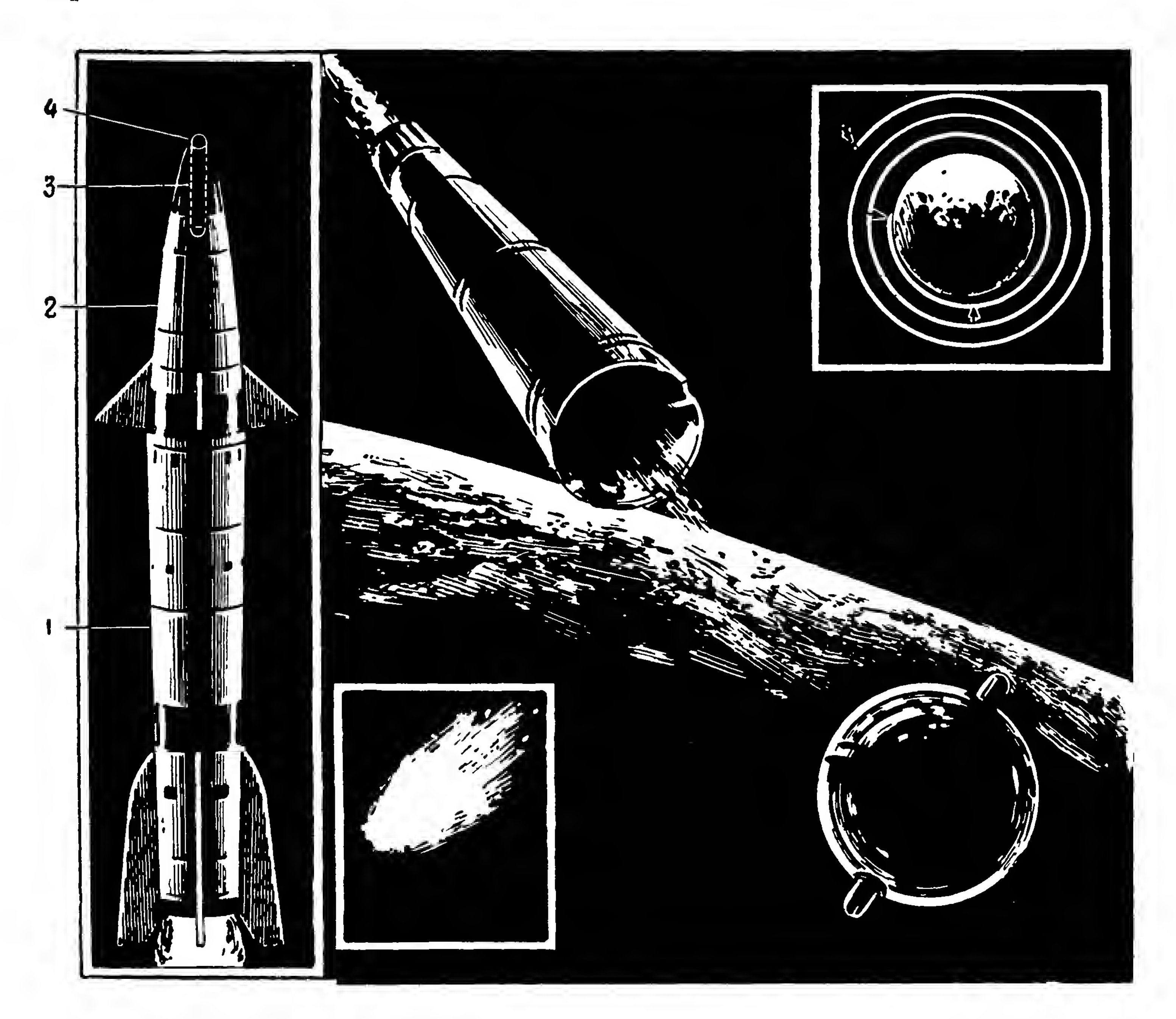


Рис. 34—35. Слева на рисунке изображена многоступенчатая ракета весом в 200 т для запуска искусственного спутника Земли:

1 — первая ступень; *2* — вторая ступень; *3* — третья ступень; *4* — искусственный спутник Земли. В центре рисунка показан момент отделения искусственного спутника Земли от третьей ступени ракеты-носителя. В верху рисунка в белой рамке показана последняя стадия полета по спирали искусственного спутника, приближающегося к Земле. В низу рисунка в белой рамке показано, как искусственный спутник Земли, попав в верхние слои атмосферы, сгорает

Скажем несколько слов о материале, из которого может быть изготовлен корпус спутника.

Корпус должен быть легким, а поэтому его делают тонким, но предусматривают изнутри подкрепляющие ребра.

Материал корпуса также должен быть легким и достаточно прочным, во-первых, для того, чтобы обеспе-

чить возможность надежного закрепления приборов внутри ИСЗ, а, во-вторых, для того, чтобы противостоять воздействию микрометеоритов. Он должен обладать также малой чувствительностью к значительным колебаниям температуры и способностью хорошо отражать радиоволны.

Такими материалами могут явиться различные сплавы на основе алюминия или магния, причем в некоторых случаях корпус должен иметь еще и специальные наружные покрытия.

Иногда, например, при изучении с помощью магнитометра электрических токов в ионосфере требуется, чтобы корпус спутника не обладал магнитными свойствами и не проводил электрического тока; другими словами, при этих условиях корпус не может быть металлическим. В этом случае он, очевидно, может изготовляться из каких-либо сортов пластмассы, обладающих высокими механическими качествами. (Как известно, существуют пластмассы, прочность которых почти не уступает прочности стали.)

6. Сателлоиды

Предложен проект спутника Земли, имеющего форму реактивного самолета, на котором сможет поместиться один человек. Этот спутник будет иметь двигатель, который при весе в 4,5 т будет потреблять около 15,5 кг топлива за каждый оборот по орбите, совершаемый со скоростью 28 000 км/час на высоте 120 км. Таким образом, при запасе топлива примерно в 1,5 т он мог бы оставаться на орбите в течение 6 дней, затрачивая на каждый оборот около 1,5 часа.

Такой спутник, имеющий двигатель и летящий на сравнительно небольшой высоте, предложил построить один из конструкторов немецкой баллистической ракеты «Фау-2», ныне научный работник американской фирмы «Конвэр» Крафт Эрике. Он назвал его сателлоидом [1].

В своем докладе в вашингтонском отделении американского ракетного общества К. Эрике сообщил, что по его подсчетам для сателлоида весом 4500 кг с площадью крыльев в 152 кв. м, делающего на высоте около 100 км

---

[1] См. журнал «Вопросы ракетной техники» № 2 за 1957 г., стр. 78—87.

один оборот вокруг Земли за 85 минут, на преодоление сопротивления воздуха на этой высоте потребуется тяга всего 5—7 кг. Если запас топлива принять равным даже 450 кг, то с этим запасом топлива сателлоид может сделать весьма значительное число оборотов, поскольку необходимый расход топлива составит всего 1 л на 3570 км пути (на высоте 115 км).

К. Эрике заявил, что при помощи сателлоида можно будет собрать данные в зоне сумерок атмосферы, которая недоступна для современных пилотируемых самолетов и слишком низка для постоянных (стационарных) спутников. Эти сведения будут очень важны для разрешения проблемы обратного входа в атмосферу, которая является наиболее сложной для конструкторов межпланетных пилотируемых аппаратов и беспилотных межконтинентальных снарядов. Сателлоид может также быть использован для обучения и тренировки экипажей межпланетных кораблей.

По сообщению К. Эрике, в настоящее время правительство США финансирует разработку летательных аппаратов типа сателлоида; ряд фирм получил заказы на разработку экспериментальных высотных самолетов, рассчитанных на скорость полета, соответствующую $M = 8—10$, которые могут быть первым шагом на пути к разработке сателлоида.

Проект Эрике интересен тем, что он представляет собою промежуточную ступень между сверхскоростным реактивным самолетом и обитаемым спутником Земли.

7. Межпланетные станции и ракеты, связывающие их с Землей

Дальнейшей ступенью к освоению космоса будет создание обитаемых автоматизированных ИСЗ и межпланетных станций.

Для осуществления этого этапа придется решить ряд задач, о которых упоминалось выше, причем самой характерной из них является изучение влияния особенностей полета в космосе на человека.

Какими характерными особенностями, по сравнению с описанными ранее типами спутников, должна обладать космическая станция?

Во-первых, она должна обладать значительно большими размерами для того, чтобы в ней с необходимыми

удобствами могла разместиться команда, а также продукты питания, запасы воздуха, приборы кондиционирования воздуха и т. д.

Во-вторых, должна быть предусмотрена возможность связи такой станции с Землей с помощью специальных транспортных ракет.

Эти ракеты будут отличаться от ракет, применявшихся для запуска ИСЗ, тем, что они будут обитаемыми. Естественно, что они должны иметь приспособления как для швартовки, так и для обратного спуска на Землю.

Необходимо еще раз отметить, что уже в настоящее время в ряде стран наряду с проектами необитаемых ИСЗ производятся необходимые исследования и разрабатываются проекты обитаемых межпланетных станций и межпланетных ракет.

В последние годы на конгрессах и собраниях межпланетных и ракетных обществ был предложен ряд проектов обитаемых ИСЗ и межпланетных станций, а также ракет для связи с ними. Высота орбиты для межпланетных станций в разных предложениях называлась от 500 до 38 800 км, а состав команды определялся от 3 до 400 человек и более.

Например, английский ученый Хеппнер предложил создать станцию-спутник на высоте 1640 км, которая служила бы базой для отправки экспедиции на Луну. Проект предусматривает, что спутник будет состоять из двух головных секций и двух корпусов третьей ступени ракет, отправляемых с Земли.

К. Эрике в своей работе под названием «Анализ орбитальных систем» предлагает создать целую систему межпланетных станций и там же дает эскизные проекты пассажирской и грузовой ракет для связи с ними. Он же является руководителем работ, которые проводятся фирмой «Конвэр» в области создания межпланетных обитаемых станций. Программа работ предусматривает исследование различных видов ракетного топлива, а также разработку ядерных реакторов, которые могут использовать в качестве рабочего вещества газы, составляющие атмосферу других планет.

Наиболее серьезно теоретически обоснованным проектом такого рода является проект, предложенный известным немецким ученым, ныне работающим в США, Вернером фон Брауном. На его проекте мы более подробно

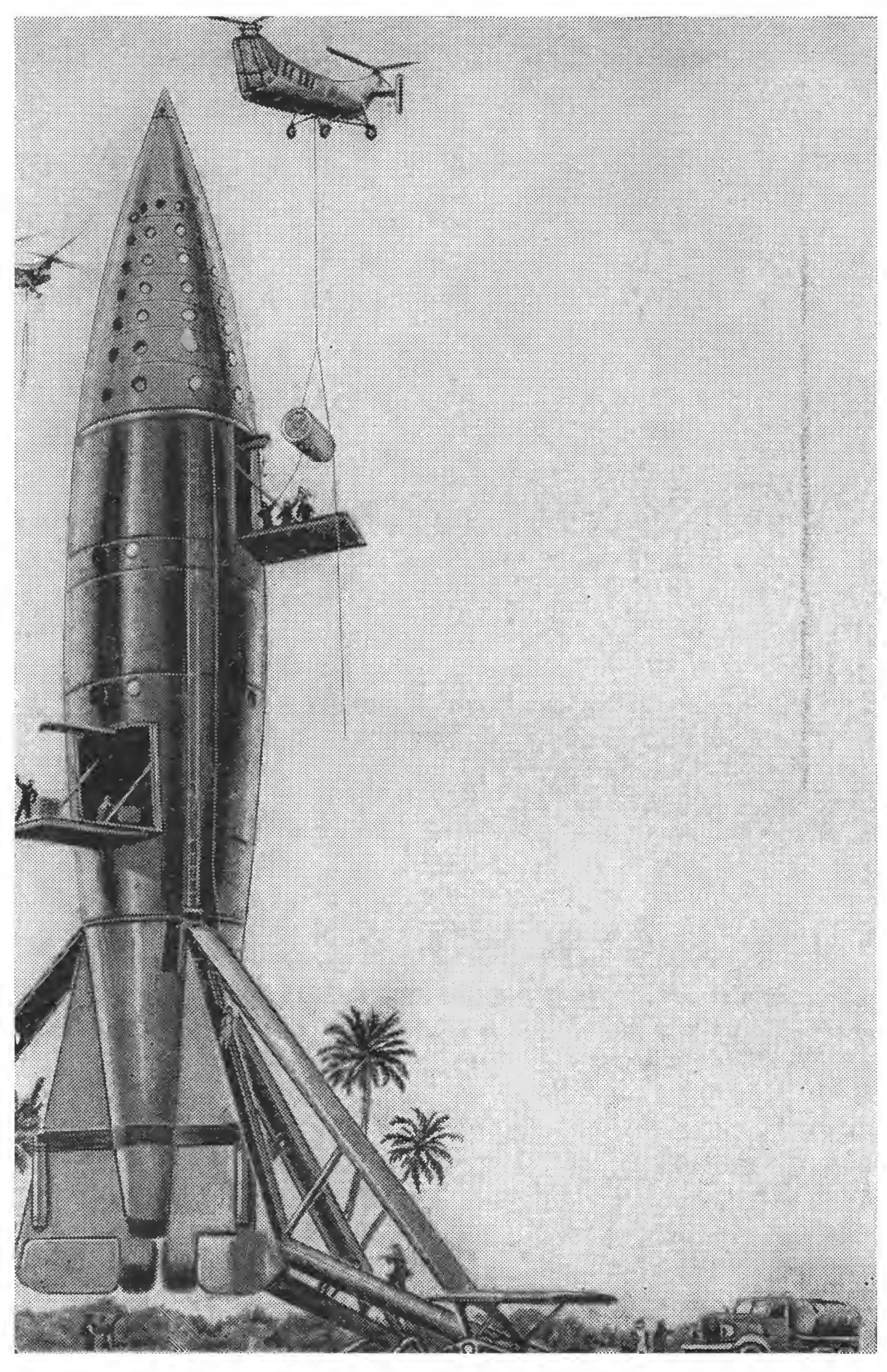


Рис. 36. Ракетный корабль, с помощью которого предполагается построить межпланетную станцию — спутник Земли стационарного типа

остановимся при рассмотрении вопроса о военном значении искусственных спутников Земли.

Американец Ф. Тинслей описывает межпланетную станцию и ракетный корабль, необходимый для ее постройки и связи с ней (рис. 36).

Эта огромная обитаемая ракета, над которой видны вертолеты, производящие погрузку на нее всего необходимого для межпланетной станции, является сложным техническим сооружением. Внизу показано складное устройство для приземления и подъемные лестницы, находящиеся внутри опор, которые служат, кроме того, и для шлюзования.

Ввиду того, что на этой ракете предусматривается наличие атомного двигателя, во избежание заражения Земли для подъема и для посадки применяются обыкновенные ракетные двигатели, расположенные на стабилизаторах. Атомный двигатель включается только на время полета в космосе. Три опоры имеют амортизаторы, которые автоматически выравнивают ракету при приземлении на неровный грунт, а в полете они полностью втягиваются внутрь. Колодцы, расположенные в этих опорах, имеют трапы, ведущие к различным местам корабля. Внутренние поверхности этих опор в случае необходимости могут образовывать аварийные спуски на грунт.

Такой космический корабль при втянутых опорах будет иметь высоту около 60 м и диаметр около 10 м. Искусственный спутник, предлагаемый автором, предполагается запустить на орбиту 35 800 км. Эта орбита характерна тем, что межпланетная станция, находящаяся на ней, будет висеть над определенной точкой на земной поверхности, так как ее угловая скорость движения по орбите будет равна угловой скорости вращения Земли. Это сильно упростит возможность осуществления связи с Землей как посредством радиотелевизионных приборов, так и путем непосредственного использования связных ракет.

«Запустить» такую станцию с Земли с помощью ракет, как это делалось в отношении ИСЗ, ввиду ее огромных размеров невозможно. Поэтому сборка ее будет осуществляться непосредственно на орбите, причем все необходимое будет доставляться пассажирскими и грузовыми ракетами.

По мысли автора, для создания такой станции придется осуществить полет восьми космическим ракетам. Одна из них будет являться основой самой станции; она будет иметь длину несколько большую, чем ее диаметр. Пять ракет будут грузовыми, а две связными. Одна из связных ракет предусмотрена для обеспечения безопасности на случай аварии. В качестве основы для станции будет служить материал первой большой ракеты. О том, каким образом будет осуществляться сборка, дает представление рис. 37. Над сборкой будет работать команда станции, одетая в специальные астро-

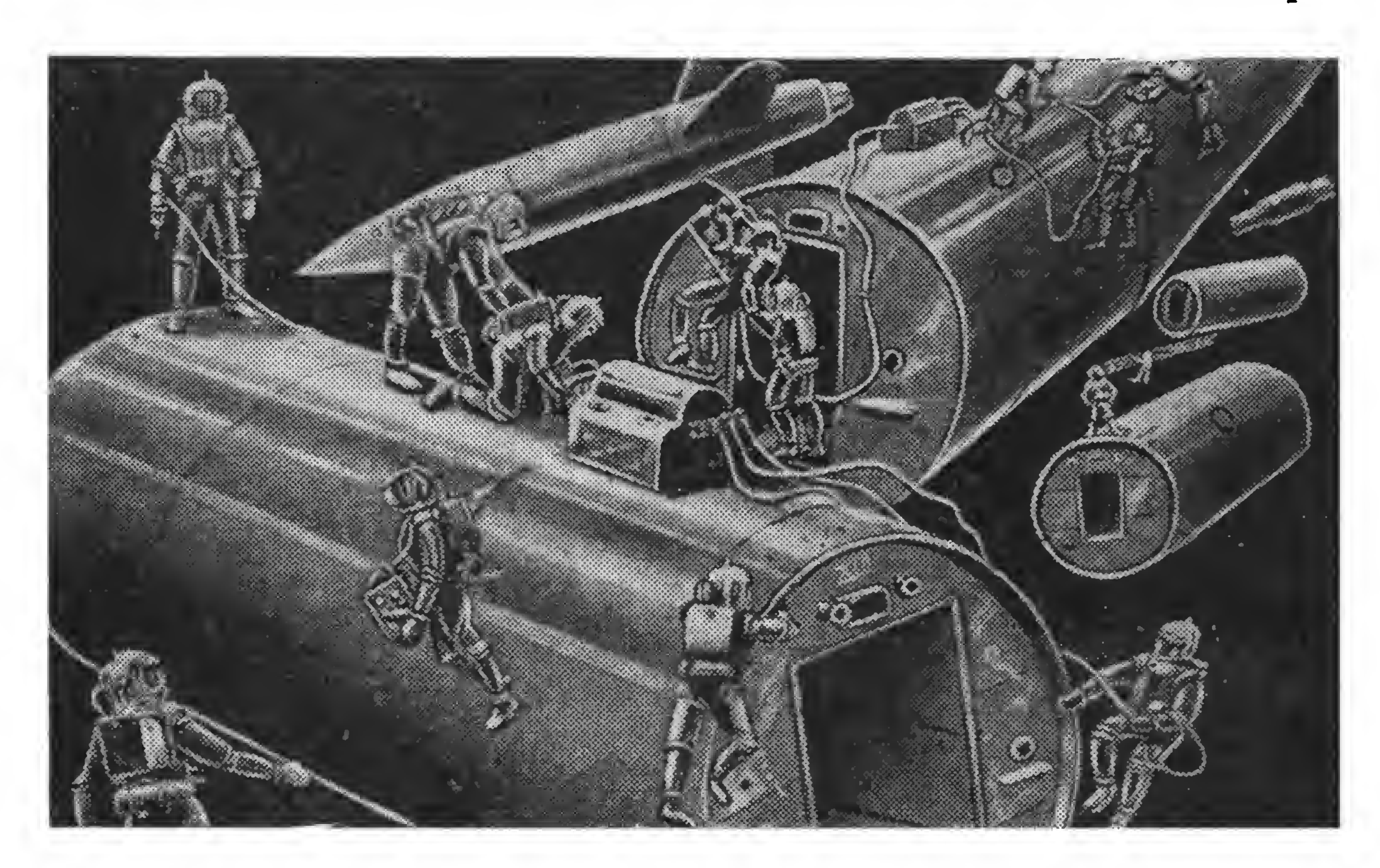


Рис. 37. Сборка межпланетной станции на орбите

костюмы-скафандры, снабженные приборами для дыхания. Так как люди будут находиться в состоянии невесомости, то для передвижения во время работы они будут пользоваться миниатюрными реактивными двигателями. Сборка станции не представит больших затруднений, так как все детали будут невесомыми.

Сама станция будет почти автономной. Для создания собственной атмосферы можно использовать запасы воздуха, систему, очищающую его от углекислого газа, а также выращивать на станции растения, выделяющие значительное количество кислорода. На станции можно будет регулировать температуру, используя отражаю-

щие или поглощающие свойства поверхности самой станции.

Необходимую электрическую энергию можно будет получать непосредственно от Солнца, используя полупроводниковые «солнечные» батареи. Для удобства перемещения внутри станции предполагается использовать магнитные настилы и обувь с железными подошвами, в которую будет одета команда.

Такая станция сможет существовать в космосе неограниченно долго и при соответствующем оснащении приборами и оборудованием сможет выполнить большинство задач, о которых мы говорили выше.

В дальнейшем предполагается создание целой серии межпланетных станций самых различных размеров и назначения. После их создания начнется следующий этап освоения космического пространства. Будут осуществлены космические полеты сперва вокруг Луны, затем с посадкой на нее и возвращением на Землю, а в дальнейшем полеты и на другие планеты солнечной системы.

Все это может осуществиться только в результате планомерного, постепенного освоения космического пространства, начало которому положено первыми необитаемыми автоматизированными ИСЗ.

Полет на Луну и планеты легче всего будет осуществить, если будут созданы космические топливо-заправочные базы.

8. Космическая топливо-заправочная база

Многоступенчатые ракеты могут обеспечить скорости, необходимые для полета в космос. Но даже многоступенчатые ракеты, предназначенные для запуска ИСЗ на высоту 1000—1700 км, должны брать с собою для этого огромные запасы топлива. Как же быть, если мы захотим полететь на Луну или на Марс, а затем вернуться на Землю? Расчеты показывают, что в этом случае начальный вес космического корабля должен составлять несколько сот миллионов тонн, причем главная доля этого веса приходится на топливо. Естественно, что осуществить сооружение такого гигантского корабля не представляется возможным. Вот тут-то и приходят на помощь искусственные спутники Земли. Еще более 50 лет назад, рассматривая этот вопрос, К. Э. Циолковский

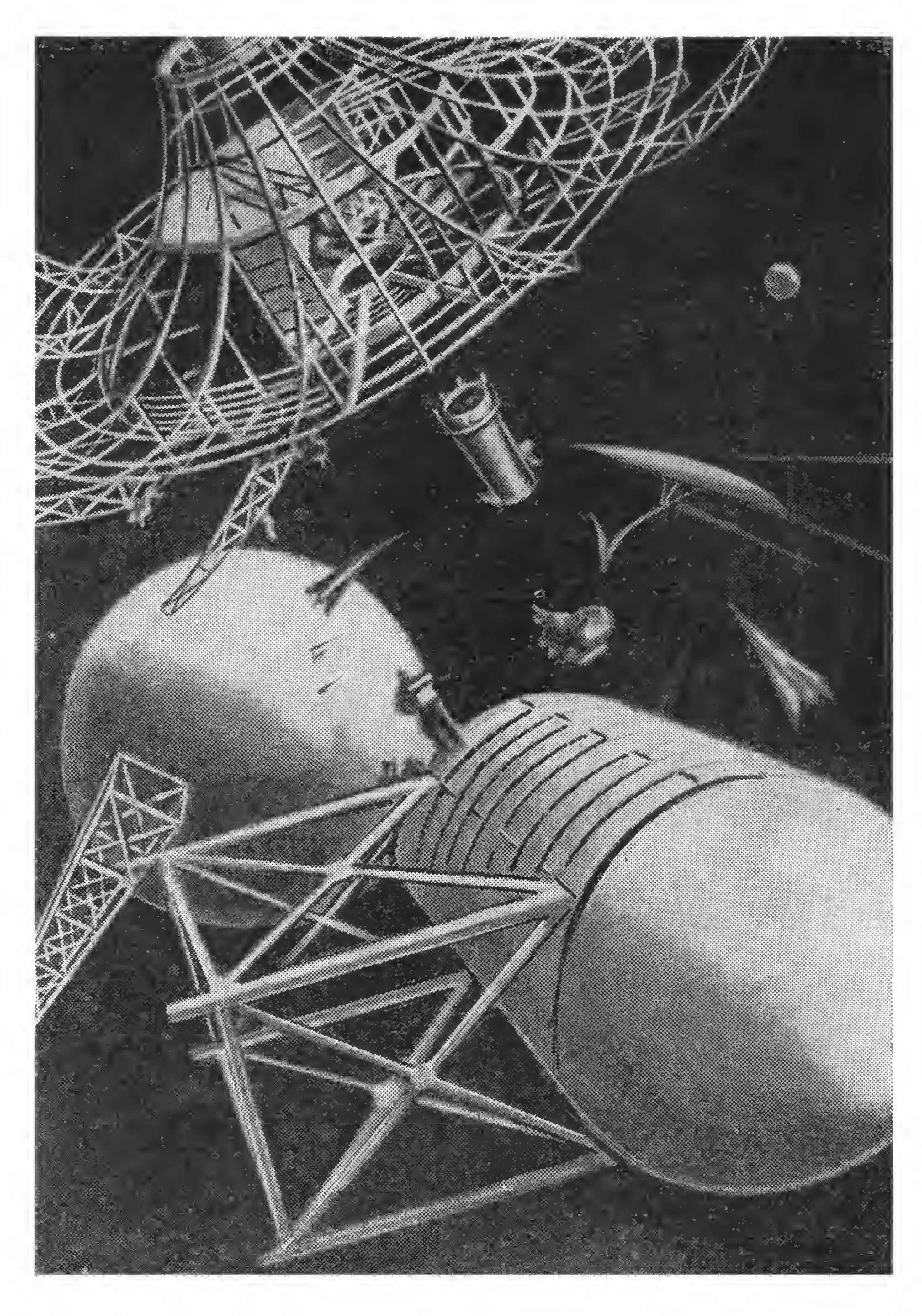


Рис. 38. Постройка в космосе межпланетной станции по Смиту и Россу

нашел, что для осуществления космических полетов необходимо создать искусственные спутники Земли с достаточными запасами топлива. По его мысли, такие спутники должны будут являться для космических ракет своеобразными заправочными станциями, где ракеты смогут снабжаться продуктами, воздухом и другими не-

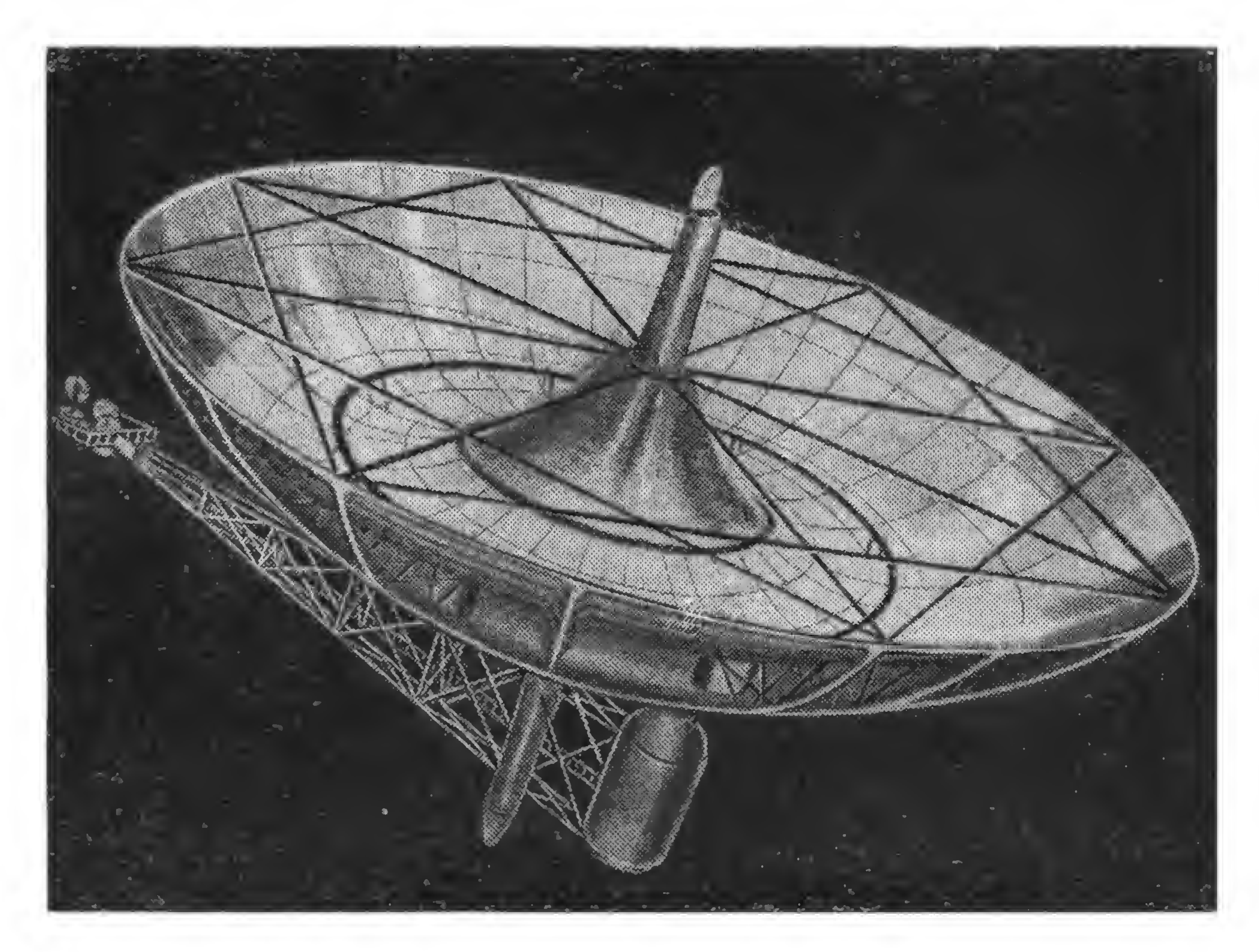


Рис. 39. Внешний вид космической станции Смита и Росса

обходимыми для дальнейшего полета средствами. Без искусственных спутников Земли, таким образом, дальнейшее освоение космоса будет просто невозможным.

Такое мероприятие позволило бы осуществлять межпланетные полеты без строительства огромных ракет.

С другой стороны, найти такую межпланетную станцию в космосе для пополнения запасов горючего, а также для доставки самого горючего на нее представляет большую трудность.

Но если бы мы построили такой искусственный спутник Земли, который обращался бы с той же скоростью, что и Земля, то для наблюдения с Земли он находился бы на небе всегда в одном и том же месте, и это облег-

чило бы для ракеты поиск космической станции. Но мы уже говорили, что такая межпланетная станция может быть сооружена только на расстоянии 35 800 км от Земли.

Ввиду больших размеров, веса и сложности космическую станцию, или «стационарный искусственный спутник», необходимо сооружать на «месте», в космическом пространстве.

Конструктивные материалы, приборы, оборудование должны доставляться к месту строительства с помощью нескольких транспортных ракет.

На рис. 38 показан один из моментов постройки межпланетной станции по проекту англичан Смита и Росса. Внешний вид этой станции показан на рис. 39. Как видно из рисунка, в состав космической станции входит большое параболическое зеркало диаметром 200 футов (61 м), служащее для преобразования теплового излучения Солнца в электрическую энергию, необходимую для питания приборов и механизмов, расположенных на станции. Это зеркало собирает падающие на него солнечные лучи в фокусе, в котором расположена система труб. Трубы соединены с восемью турбогенераторами, расположенными с другой стороны зеркала. По трубам течет жидкость, она под действием солнечной энергии превращается в пар, который приводит в действие турбогенераторы, вырабатывающие электрическую энергию для удовлетворения потребностей космической станции. С той же стороны зеркала находятся жилые помещения, лаборатории, мастерские и т. д. Так как полное отсутствие силы тяжести физиологически нежелательно, то зеркало вместе с расположенными под ним помещениями вращается вокруг своей оси, и возникающая при этом центробежная сила заменяет людям, живущим на станции, силу тяжести.

На космической станции не вращается видная на рисунке решетчатая ферма с расположенной на одном ее конце лабораторией. Из этой камеры членам экипажа космической станции можно будет выходить наружу для осмотра своей станции.

Для наблюдения с вращающейся части станции за внешними предметами применяется стroботелескоп, основанный на принципе целостата.

Целостат — это система двух плоских зеркал

(рис. 40). Зеркало A неподвижно, а зеркало B приводят в движение каким-нибудь часовым механизмом. Солнечные лучи отражаются такой системой зеркал всегда в одном и том же направлении — в объектив неподвижной трубы.

Космическая станция Смита — Росса рассчитана на 24 человека. Поэтому важен вопрос снабжения экипажа станции пищей, воздухом и водой.

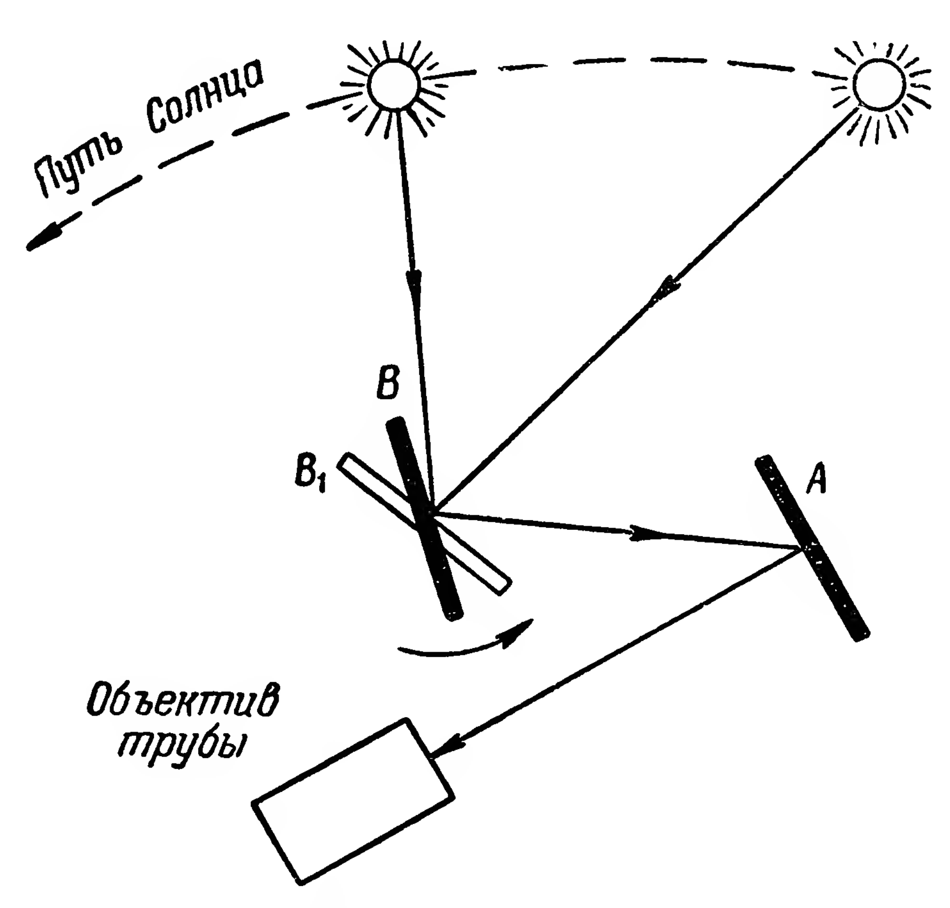


Рис. 40. Схема устройства целостата:
A — неподвижное зеркало; B — подвижное зеркало; B_1 — измененное положение зеркала

Проблемы, связанные с доставкой пищи, воздуха, регулированием воздуха, очень трудные и малоизученные. Для определения потребности в воздухе, пище и воде необходимо установить степень физического напряжения личного состава космической станции.

В качестве источника кислорода и воды предлагается использовать перекись водорода 90% концентрации, которую удобно запасти на станции в большом количестве.

По предварительным подсчетам, в год для экипажа космической станции потребуется около 70 т пищи, воздуха и воды вместе взятых.

Для сохранения чистоты атмосферы станции избыток углекислоты, которую люди будут выделять при дыхании, можно выбрасывать в пространство. Возможно было бы воспользоваться химическими реакциями, по-

глощающими углекислоту, но перевозка химических соединений к станции нежелательна. Регенерация, т. е. восстановление воздуха внутри станции растительностью, не избавляет от необходимости доставлять кислород с Земли. Этот метод имеет ряд недостатков при длительной работе станции (например, необходимость минеральных удобрений и поливка растений водой).

Необходимо также регулирование влажности атмосферы космической станции и регулирование температуры внутри нее.

При недостаточной влажности атмосферы происходит пересыхание слизистых оболочек организма человека — носоглотки, глаз. Вследствие этого нарушаются функции дыхания, пищеварения, зрения и др.

9. Межпланетная станция «летающий город» и ее сборка в космосе

Детально разработанный план создания промежуточной станции, населенной людьми, обсуждался на сессии американского ракетного общества в 1956 г. Проект предложил член общества Дэррел Ромик. По его проекту в окончательном виде станция будет представлять собой цилиндр диаметром в 300 м, длиной в 900 м, оканчивающийся сферическими торцами, к одному из которых крепится вращающееся колесо диаметром 450 м и толщиной в 12 м. На станции смогут жить и работать до 20 тыс. человек. (Необходимость такого большого числа людей весьма сомнительна, учитывая высокий уровень автоматизации всех работ и научных исследований.) Она позволит произвести научные исследования условий межпланетных сообщений, производить сборку и ремонт космических кораблей, будет промежуточной базой для межпланетных полетов. Она сможет решить большое количество всевозможных задач, многие из которых сейчас даже трудно предусмотреть.

Строительство этой станции будет продолжаться несколько лет. Сразу же по прибытии первых кораблей она вступит в действие, имея весьма скромные размеры. Затем постепенно будет производиться увеличение ее размеров до проектируемых, расширение ее функций. В течение всего этого времени станция будет бесперебойно действовать. Д. Ромик предлагает такую последовательность сборки станции.

Сразу же после прибытия первых ракет на орбиту их баки будут освобождены от остатков топлива, промыты, очищены и превращены в жилые помещения, питаемые от системы кондиционирования воздуха, с герметизацией, регулируемой температурой и доступом в них через воздушные тамбуры. Первая очередь такой межпланетной станции будет представлять трубу диаметром в 2,7 м и длиной в 150 м, составленную из двух ракет, соединенных торцами, как показано на рис. 41, *а*. Конструкция ракет должна допускать такое их соединение с минимальным количеством операций. На случай аварии около станции всегда находятся недемонтированные ракеты и прибывающие ракеты с материалом для дальнейшего расширения станции, которые смогут доставить людей на Землю. Общий вид ракеты представлен на рис. 41, *б*.

Вторая очередь станции будет иметь диаметр примерно 23 м, длину около 300 м и вращающееся колесо диаметром в 150 м. На расширение станции от «первой очереди» до «второй» понадобится 65—70 рейсов транспортных ракет, которые доставят 250 т материалов для цилиндрической части, 750 т — для колеса и 500 т оборудования. Последовательность сборки второй очереди показана на рис. 41, *в*. Вокруг трубы, представляющей собой первую очередь межпланетной станции, будет монтироваться сборный каркас и обшивка цилиндра диаметром в 23 м с облицовкой для защиты от метеоритной пыли, причем, как и вначале, очень широко будут использоваться элементы конструкции самих ракет. Внутренний объем будет также разбит на отсеки, которые вступают в строй по мере их герметизации.

Вращающееся колесо служит для создания эффекта тяготения, необходимого для нормальных условий жизни человека. Конструкция его предусматривается из кольцевых секций, позволяющих также постепенно наращивать его размеры. Наконец, в третьей стадии строительства межпланетная станция приобретает окончательные размеры и форму. Вид станции в процессе строительства и окончательный представлен на рисунке 41, *г*. Доставка необходимых материалов для строительства третьей очереди займет 3,5 года при условии, что будет совершаться ежедневно два рейса грузовых ракет. На внешней оболочке межпланетной станции бу-

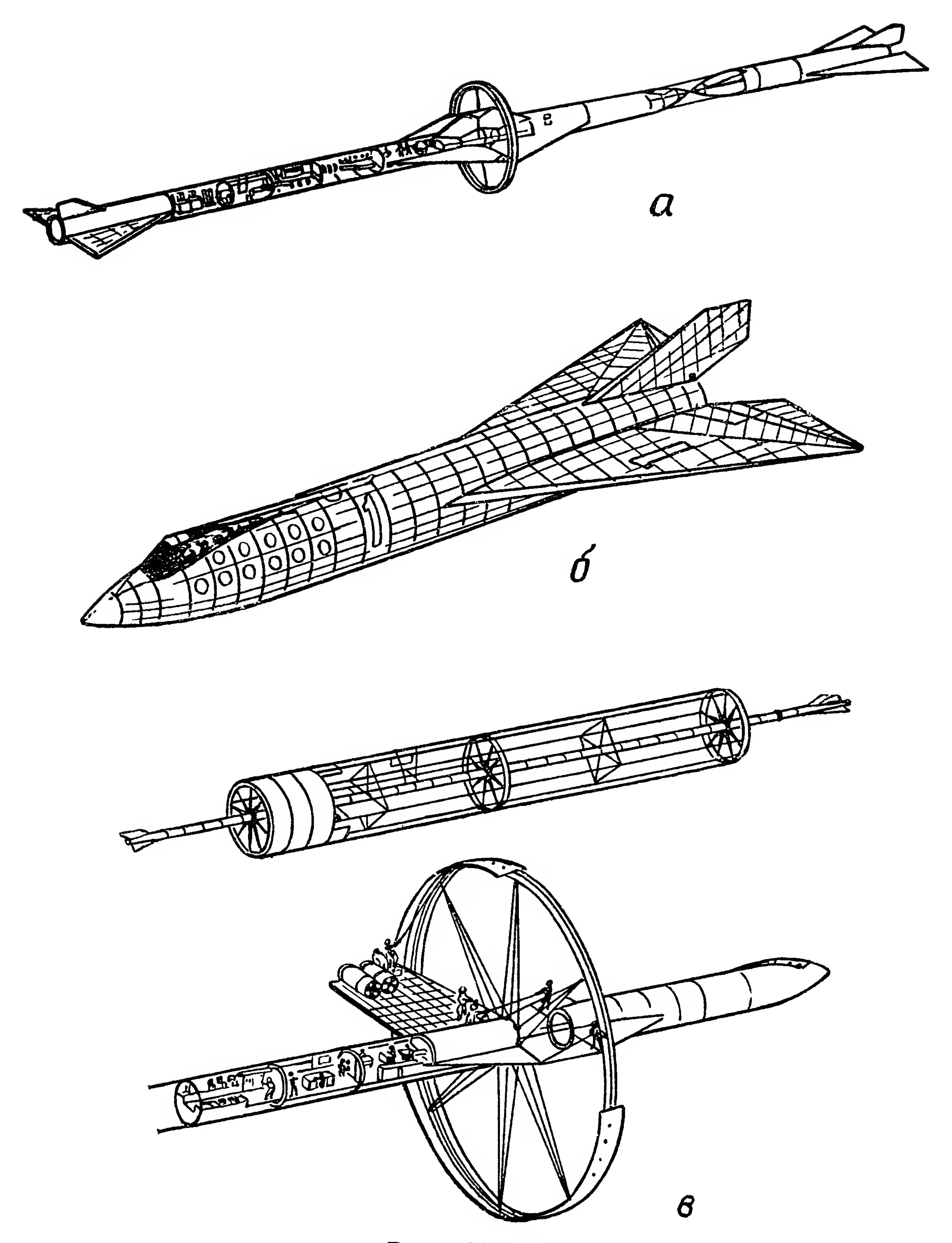
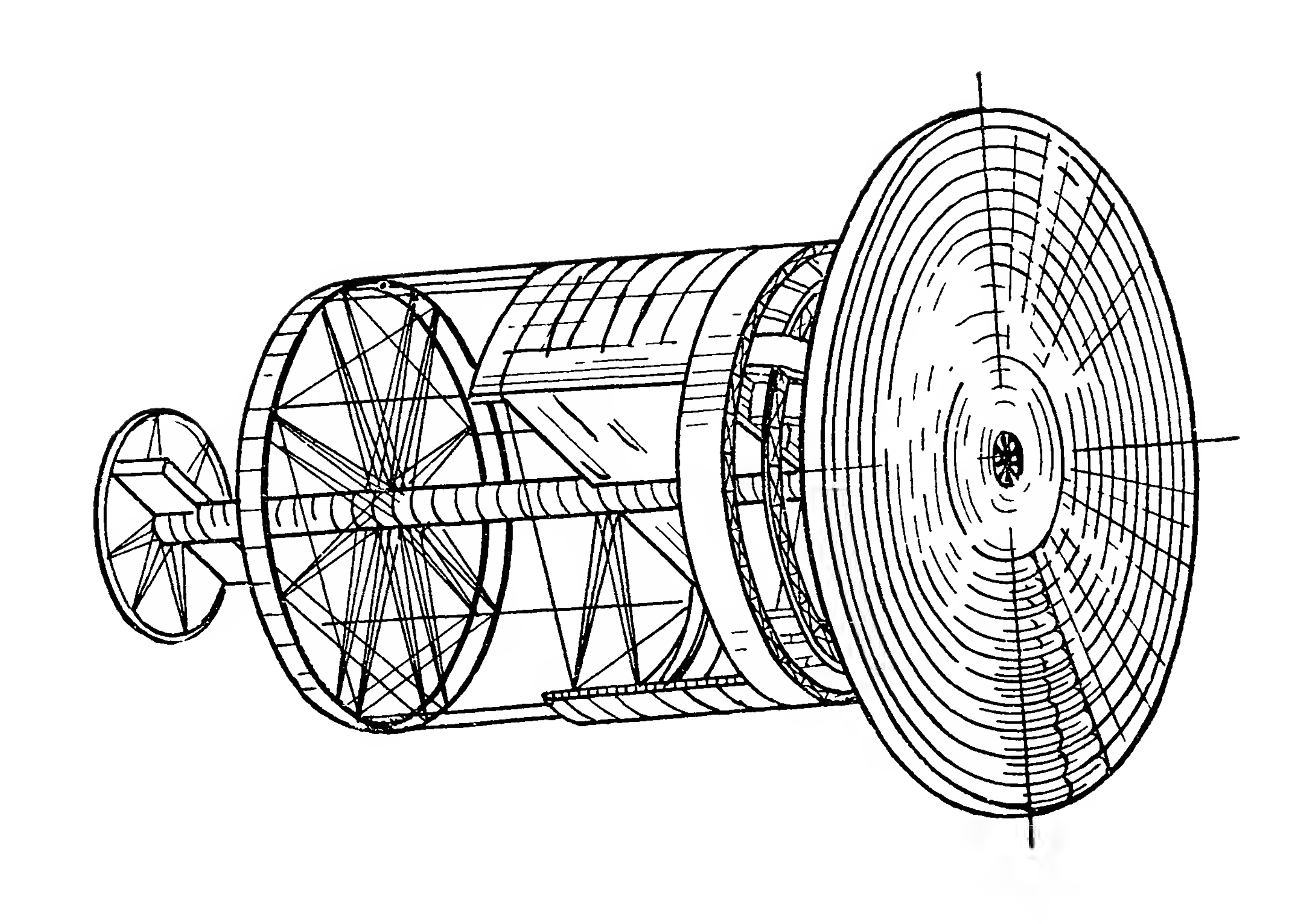


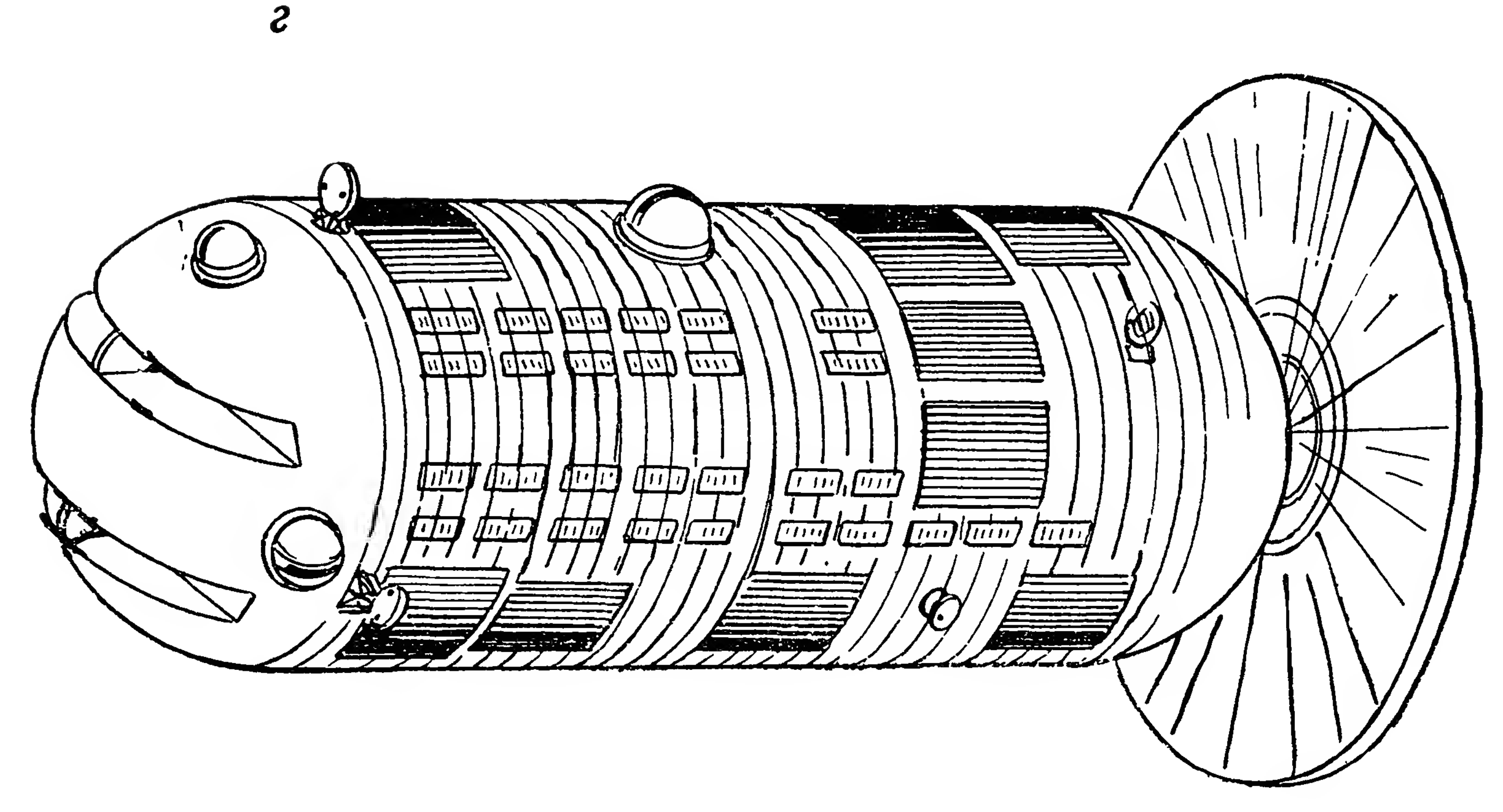
Рис. 41. Этапы строительства межпланетной

а — первая очередь строительства межпланетной станции «летающий город»; строить межпланетную станцию «летающий город»; *в* — вторая очередь строи строительства межпланетной

дут расположены приспособления для регулирования количества проникающего внутрь излучения, контроля за траекторией и ориентировкой станции, наблюдательные и навигационные посты, радиолокационное, оптическое и астрономическое оборудование, ангары и парки для межпланетных и других ракет. Доступ солнечного



г



станции «летающий город»:

б — общий вид космической ракеты, с помощью которой предполагается по-тельства межпланетной станции «летающий город»; *г* — заключительная стадия станции «летающий город»

света будет регулироваться с помощью жалюзи. За ними могут располагаться зеркала, собирающие, рассеивающие или выделяющие требуемую составляющую солнечного излучения. Инфракрасное излучение можно будет использовать для нагрева, ультрафиолетовое — для стерилизации и кондиционирования воздуха, види-

мое — для освещения, а все вместе для получения электроэнергии. На такой большой станции, «Земле в миниатюре», очевидно, будет необходимо создание замкнутого жизненного цикла с растениями и животными. Иначе на этот город-спутник придется ежедневно забрасывать 1300—1400 т продовольствия, воды и кислорода, что составляет около 75 железнодорожных вагонов. (Очевидно, при разумном сокращении «штата» такой станции потребности могут быть существенно сокращены.)

Как уже говорили, вращающееся колесо служит для создания искусственных сил тяжести, так как предполагают, что отсутствие тяжести может привести к ослаблению жизнедеятельности человеческого организма. В колесе на разных этажах будут расположены жилые помещения, спортплощадка, больница — все необходимое для нормальной жизни многотысячного населения города-спутника. Колесо снабжено механизмом автоматической балансировки. Этот механизм вступает в действие, когда распределение грузов и людей в колесе нарушает балансировку. Переход людей со стационарной части во вращающуюся и обратно осуществляется вблизи оси вращения, где линейные скорости незначительны. Для такого перехода предусмотрены перемещающиеся кабины, которые герметично могут соединяться с выходом, расположенным на вращающемся кольце; хотя в стационарной и во вращающейся частях предусмотрено снабжение воздухом, кабины для перехода должны быть герметичными на случай аварии в одной из частей.

Перемещение внутри колеса с этажа на этаж осуществляется с помощью лифтов.

Передача электроэнергии и воздуха возможна с помощью кольцевых скользящих соединений. Разработана также аппаратура, обеспечивающая безопасность населения при столкновениях с крупными метеоритами. Для этого на спутнике имеются две самостоятельные системы обеспечения воздухом в колесе и стационарной части, снабженные резервными баллонами и сообщающиеся между собой. Автоматическое управление всеми жизненно важными агрегатами дублируется ручным управлением. При понижении давления будут автоматически закрываться герметичные двери между изолированными отсеками и срабатывать аварийная сигнализация. Двери

снабжены воздушными тамбурами для прохода в зону пониженного давления, чтобы там можно было производить ремонтные и спасательные работы. В каждом отсеке имеются герметичные кабины с самостоятельным снабжением воздухом, телефонной связью, защитными костюмами и запасами кислорода.

Известно, что столкновение с крупным метеором — явление весьма редкое. Предполагается, что описанная выше система сигнализации и герметизации обеспечит сохранение нормальных жизненных условий населения станции до устранения последствий столкновения с крупным метеором. Подобный проект по своим масштабам кажется фантастическим. Однако быстрое развитие техники дает возможность предполагать, что создание межпланетных стационарных станций и летающих «городов» может явиться выполнимой задачей.

Глава V

ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ИСЗ

1. Общие требования к приборам ИСЗ

В предыдущих главах мы уже встречались с рядом приборов, входящих в состав оборудования ИСЗ.

Настоящая глава имеет основной целью ознакомить читателя в общих чертах с принципом действия и устройством главнейших приборов для получения более полного представления о ИСЗ.

Прежде чем переходить непосредственно к рассмотрению приборов, устанавливаемых на ИСЗ, познакомимся с основными требованиями, которые предъявляются к таким приборам.

Основные из этих требований заключаются в жестком ограничении веса, габаритов и потребляемой ими энергии.

В основе их конструирования должен лежать учет всех необычных и особо тяжелых условий космоса, а именно: большой диапазон изменения ускорений, резкий температурный перепад (от плюс 400° до минус 270° С); скачки атмосферного давления, лежащие в пределах от 750 мм рт. ст. до 0 мм рт. ст. Находясь на орбите в космосе, спутник будет подвергаться бомбардировке элементарными частицами и космической пылью. Под их воздействием поверхность спутника, а следовательно, и смотровые окна могут постепенно терять прозрачность и разрушаться.

Установлено, что ультрафиолетовые лучи разрушают органические и пластические вещества и краски. Косми-

ческие же лучи разрушают соединения в полупроводниках.

Условия, в которых придется работать приборам ИСЗ, полностью еще неизвестны.

При проектировании аппаратуры для первых спутников ученые основывались лишь на сравнительно малом опыте работы с ракетами для исследования верхних слоев атмосферы. Этот опыт говорил о реальности создания нужных приборов. Пути их улучшения и усовершенствования покажет анализ результатов запуска первых ИСЗ.

Поскольку предполагается запуск многих ИСЗ, то нет необходимости на каждый спутник ставить полный комплекс аппаратуры, предназначенный для решения всех задач, возлагаемых на ИСЗ. Каждый спутник может быть оборудован аппаратурой, решающей только ограниченный круг специальных задач.

2. Радиооборудование спутника

Уже на первых искусственных спутниках Земли радиооборудование занимает важнейшее место. Все научные приборы спутника будут работать вхолостую, не принося никакой пользы, если измерения, производимые ими, не передавать на Землю. Так как возвращение первых спутников на Землю пока еще не решенная задача, то передать данные научных исследований со спутника на Землю возможно единственным способом — с помощью радио.

В настоящее время методы передачи по радио большого числа самых различных измерений достигли высокого совершенства, появилось целое направление радиотехники, решающее эти задачи, — радиотелеметрия.

Наибольшее число измерений может передать радиотелеметрическая система с временным разделением каналов. Рассмотрим, как она работает, по приведенной на рис. 42 блок-схеме.

Под прямоугольниками, обозначенными цифрами *1*, подразумеваются так называемые датчики. На ИСЗ датчики — это все приборы, например, счетчики космических, ультрафиолетовых и других лучей, термисторы, магнитометры, манометры, астрономические приборы и др., которые дают электрический ток, характеризующий измеряемую ими величину и меняющийся при ее изменении.

Цифра *2* — коммутирующее устройство, подключающее поочередно датчики к последующим блокам *3* (модулятор) и *4* (передатчик). Коммутация осуществляется в простейшем случае вращающимся переключателем, подключающим поочередно датчики к модулятору *3* передатчика *4*. Частота коммутации, или, как говорят, частота «опроса» датчиков зависит от конструкции коммутатора. Механические коммутаторы обеспечивают несколько десятков «опросов» каждого датчика в секунду.

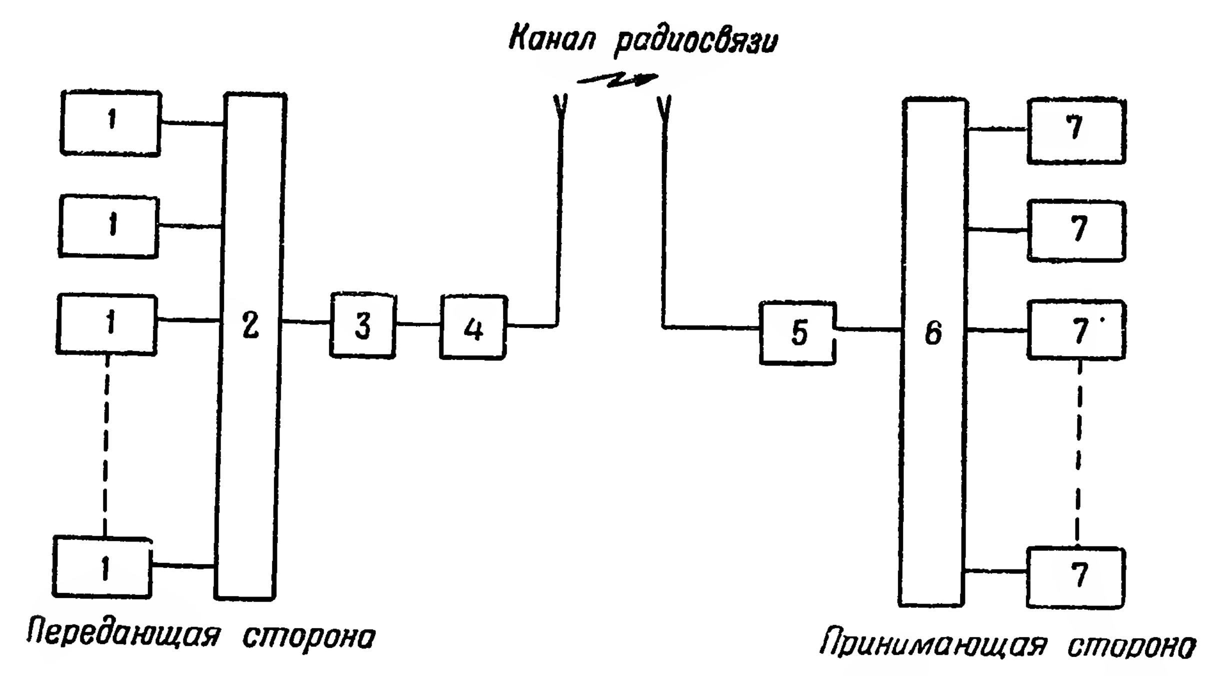


Рис. 42. Блок-схема радиотелеметрической системы:
1 — датчики; *2* — коммутирующее устройство; *3* — модулятор; *4* — передатчик, *5* — приемник; *6* — коммутатор; *7* — регистрирующая и записывающая аппаратура

Электронные устройства позволяют «опрашивать» приборы несколько сот раз в секунду. Модулятор *3* преобразовывает величину тока, приходящего от датчиков, в определенное изменение частоты радиосигналов или их амплитуды (частотная и амплитудная модуляция), или в изменение промежутка между двумя импульсами (временно-импульсная модуляция), или в изменение ширины самого импульса (широтно-импульсная модуляция). Имеются еще и другие виды модуляции, например, кодовая, когда определенной величине сигнала, пришедшего от датчика, соответствует определенная комбинация из импульсов, вырабатываемых так называемым кодовым устройством.

Таким образом, радиоканал, обозначенный на рисунке изломанной стрелкой, в каждый момент времени используется для передачи показаний одного из датчиков, установленных на передающей стороне.

На приемной стороне после приемника *5*, улавливаю-

щего и усиливающего слабые радиосигналы, сигналы попадают в коммутатор *6*, который поочередно подключается к регистрирующей или записывающей аппаратуре *7*. Коммутатор на приемной стороне должен работать синхронно и синфазно с коммутатором на передающей стороне, чтобы информация, идущая от первого датчика на передающей стороне, записывалась на первом записывающем устройстве на приемной стороне, информация, идущая от второго датчика, записывалась на втором устройстве и т. д. Для этого на передающей стороне в общую последовательность сигналов, передаваемых по радио, замешиваются сигналы синхронизации (сигналы управления коммутатором), которые выделяются на приемной стороне благодаря их качественному отличию от измерительных импульсов и заставляют переключатели на приемной и передающей стороне работать синхронно и синфазно — «в такт».

На втором советском искусственном спутнике Земли был установлен совершенный многоканальный радиотелеметрический передатчик с временным разделением каналов.

С помощью этого передатчика ученые получили на Земле сведения от многочисленных научных приборов, установленных на спутнике. На втором спутнике была отправлена в космос собака «Лайка». Это было сделано для того, чтобы изучить, как чувствует себя живой организм в верхних слоях атмосферы, как воздействуют на него состояние невесомости, космические лучи и т. д. Для этого регистрировались такие функции организма собаки, как пульс, дыхание, температура тела и т. д. На теле животного были укреплены специальные датчики. В качестве датчика пульса может быть применен фотоэлемент с миниатюрной электрической лампочкой. При освещении фотоэлемента в нем возникает электрическое напряжение. Если фотоэлемент и электрическую лампочку расположить по разные стороны кровеносного сосуда, то, пульсируя в сосуде в такт сердечным сокращениям, кровь будет изменять степень освещенности фотоэлемента и, следовательно, величину снимаемого с него тока.

Это не единственный способ измерения пульса на расстоянии. Регистрировать его, а также работу сердца можно и с помощью электрокардиографии. Дело в том,

что при каждом сокращении сердца в организме возникают биологические токи. Если на определенных участках тела расположить электроды, то между ними появится электрическое напряжение.

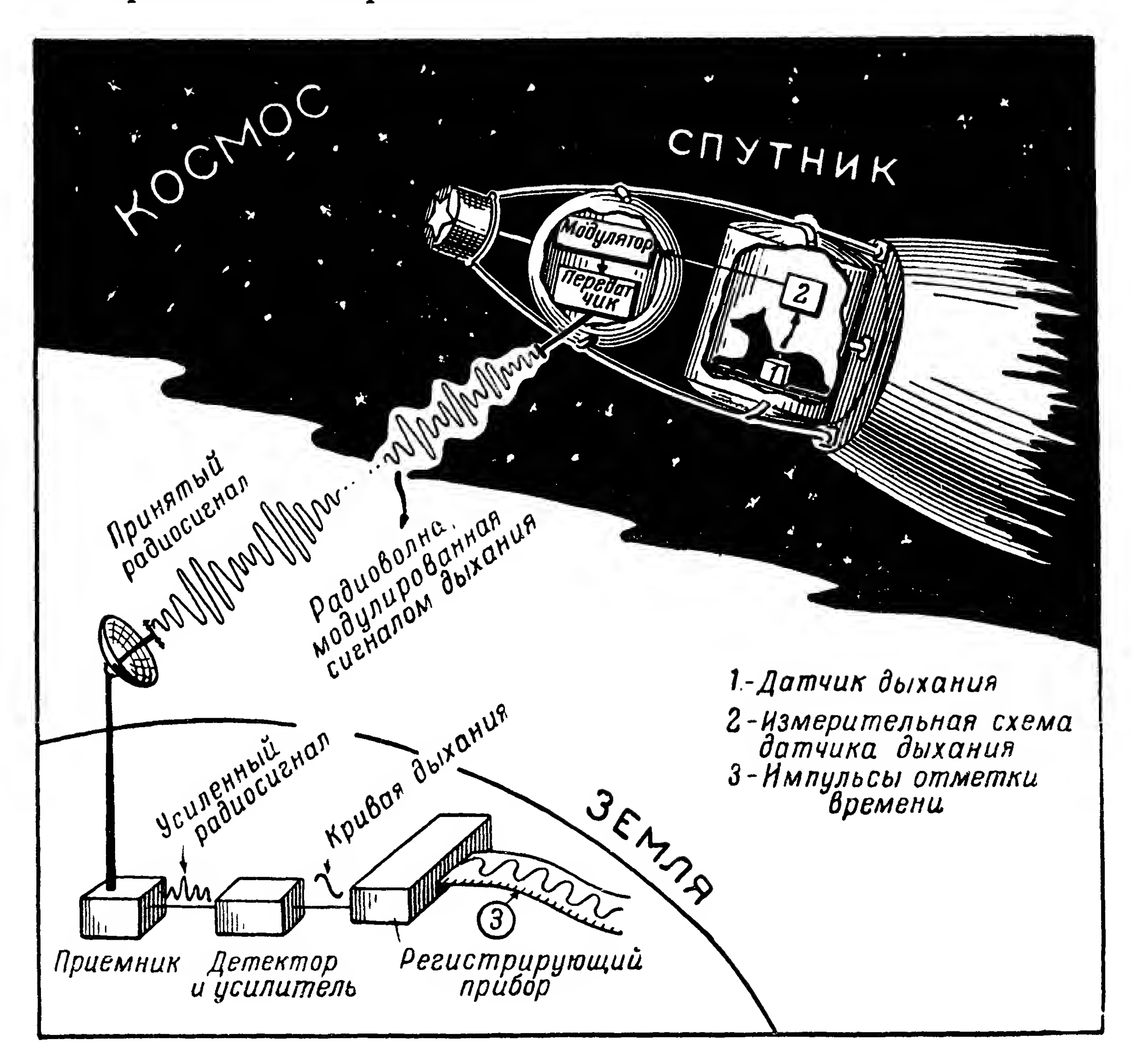


Рис. 42а. Схема передачи процесса дыхания собаки со второго советского искусственного спутника Земли

Для регистрации дыхания применяется весьма простой принцип. На груди животного с помощью специального пояса крепится переменное электросопротивление. При дыхании окружность груди изменяется. Это в свою очередь влияет на величину сопротивления, что и регистрируется соответствующим прибором. Имеются и другие способы измерения дыхания.

Специальные датчики-термисторы позволяют следить за температурой тела. В зависимости от нее они изменяют свое электросопротивление.

На рис. 42а показана упрощенная схема передачи процесса дыхания собаки со второго советского спутника на Землю. На рисунке не показано устройство для временного разделения каналов телеизмерения и для большей наглядности изображена амплитудная модуляция радиосигнала. Электрический сигнал от датчика дыхания собаки с помощью модулятора изменяет амплитуду радиосигнала, посылаемого на Землю. Радиосигнал достигает приемной станции и усиливается. В детекторном устройстве выделяется нанесенный на радиочастоту сигнал дыхания. После этого он усиливается и подается на регистрирующий прибор, где и записывается в виде кривой линии.

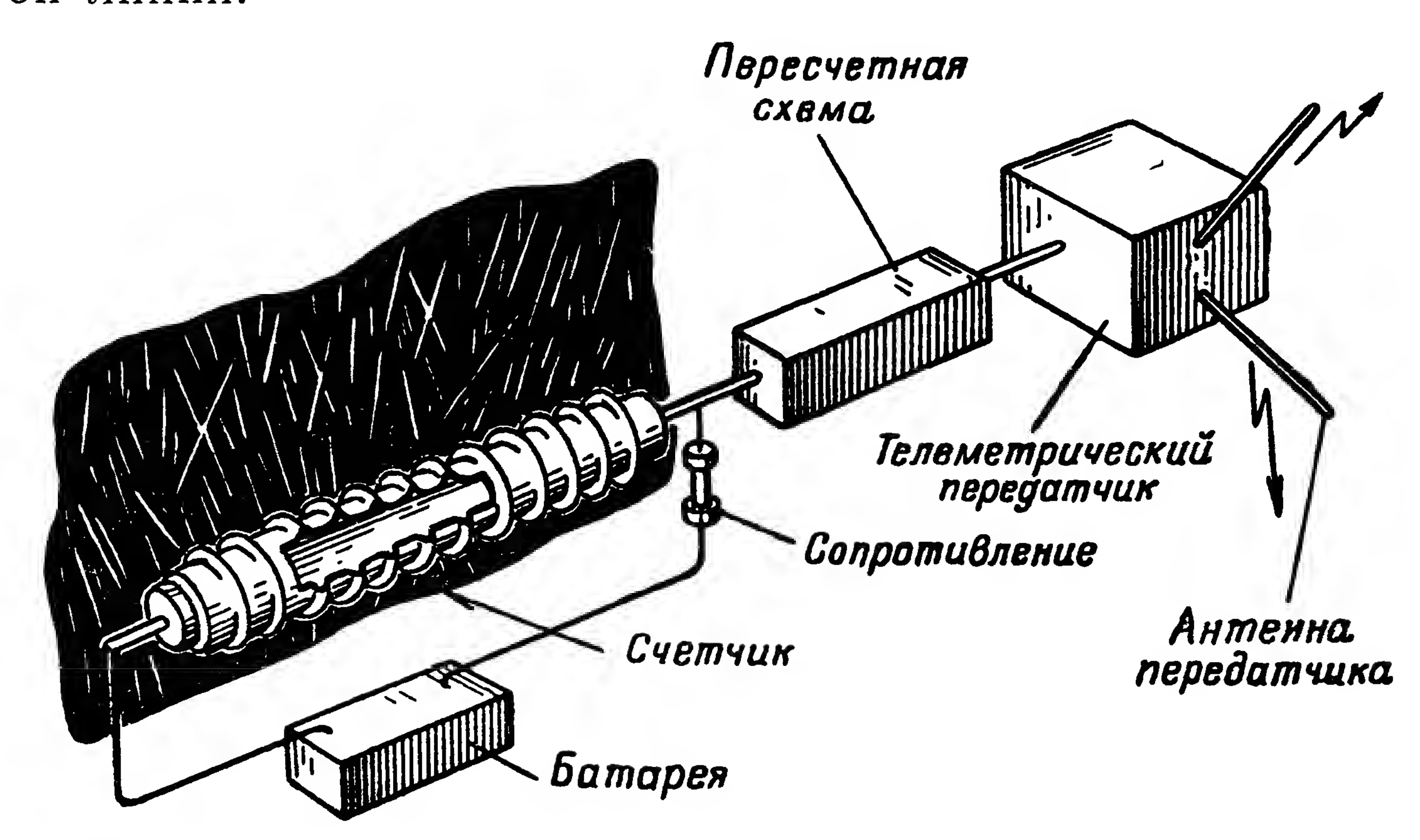


Рис. 42б. Устройство для регистрации полной интенсивности космических лучей на втором советском искусственном спутнике Земли

На рис. 42б схематически показано устройство для регистрации полной интенсивности космических лучей, установленное на втором советском искусственном спутнике Земли.

При прохождении сквозь счетчик электрически заряженной частицы возникает искра, дающая импульс на радиотехническую схему на полупроводниковых триодах, назначение которой состоит в том, чтобы сосчитать число частиц космических лучей и дать сигнал тогда, когда сосчитано определенное число частиц. После передачи по радио сигналов о том, что сосчитано определенное число частиц, снова производится регистрация частиц космиче-

ского излучения, и после того как сосчитано то же число частиц, подается новый сигнал. Разделив число зарегистрированных частиц на время, в течение которого они были сосчитаны, можно получить число частиц, проходящих через счетчик в секунду, или интенсивность космических лучей.

На спутнике установлено два одинаковых прибора для регистрации заряженных частиц. Оси счетчика обоих приборов расположены во взаимно-перпендикулярных направлениях.

Схематическое изображение одного из трех приемников для регистрации коротковолнового излучения Солнца, которыми оснащен второй искусственный спутник, показано на рис. 42в [1].

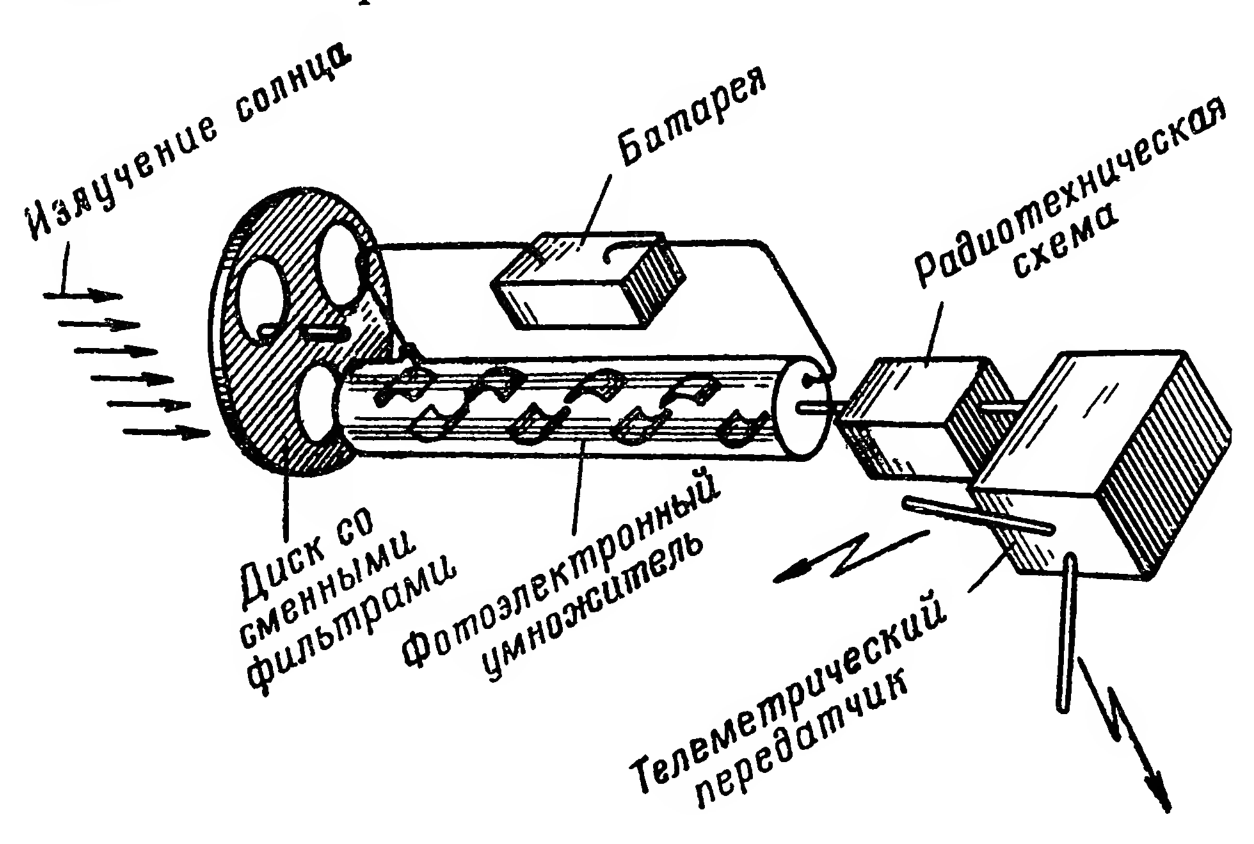


Рис. 42в. Схема приемника для регистрации коротковолнового излучения Солнца, установленного на втором советском искусственном спутнике Земли

Приемниками излучения служат три специальных фотоэлектронных умножителя, расположенные под углом в 120 градусов друг к другу. Каждый фотоумножитель последовательно перекрывается несколькими фильтрами из тонких металлических и органических пленок, а также и из специальных оптических материалов, что позволяет выделить различные диапазоны в рентгеновской области

---

[1] С. Л. Мандельштам и А. И. Ефремов, Исследования коротковолнового ультрафиолетового излучения Солнца. Журнал «Успехи физических наук», сентябрь 1957 г., т. LXIII, вып. 1б, Гостехиздат, Москва.

спектра Солнца и линию водорода в далекой ультрафиолетовой области. Электрические сигналы, даваемые фотоумножителем, который был направлен на Солнце, усиливались радиосхемами и передавались на Землю с помощью телеметрической системы.

Вследствие того, что спутник непрерывно изменял свою ориентацию относительно Солнца, а также часть времени проводил не на освещенном Солнцем участке своей орбиты, для экономии источников питания электрические цепи аппаратуры включались только при попадании Солнца в поле зрения одного из трех приемников света. Это включение осуществлялось с помощью фотосопротивлений, освещаемых Солнцем одновременно с фотоумножителями, и системы автоматики.

Каждое из перечисленных устройств занимает один канал многоканального радиотелеметрического передатчика.

В целях экономии энергии передачу информации со спутника на Землю выгодно производить не непрерывно, а по команде с Земли в течение примерно 30—40 секунд, пока спутник пролетает над наземной специальной приемно-передающей станцией. Измерения же параметров производятся в течение длительного времени и накапливаются в так называемом запоминающем устройстве.

Рассмотрим упрощенную блок-схему бортового устройства радиостанции ИСЗ «Минитрек», которая будет служить для передачи данных телеизмерений и радиопеленгации американского ИСЗ (рис. 43).

Цифрой *2* на рисунке обозначен маломощный передатчик для радиопеленгации. Он имеет мощность 10 мвт, работает на частоте 108 мгц, весит приблизительно 400 г. Как с его помощью производят пеленгацию ИСЗ, мы опишем в главе о наблюдении за ИСЗ. Этот передатчик почти все время подключен через переключатель *1* к антенне, непрерывно излучающей его сигналы.

Данные измерений приборами-датчиками *9* накапливаются в запоминающем устройстве *8*, представляющем собой медленно движущуюся магнитофонную ленту. При подходе спутника к телеметрическим и пеленгационным станциям, расположенным в США главным образом вдоль 75 меридиана, с Земли подается радиокоманда, принимаемая приемником *4* (на входе приемника стоит фильтр *3*, для того чтобы не принимать сигналы соб-

ственного передатчика 2). От принятого с Земли сигнала срабатывает реле 5, в результате чего включается и подключается к антенне передатчик радиотелеметрии 6, к кодирующему устройству 7 подключается запоминающее устройство 8, и результаты длительных измерений вследствие быстрого движения магнитофонной ленты передаются за 30—60 секунд[1]. После прекращения передачи реле 5 отпускает (отключается), передатчик 2 снова по-

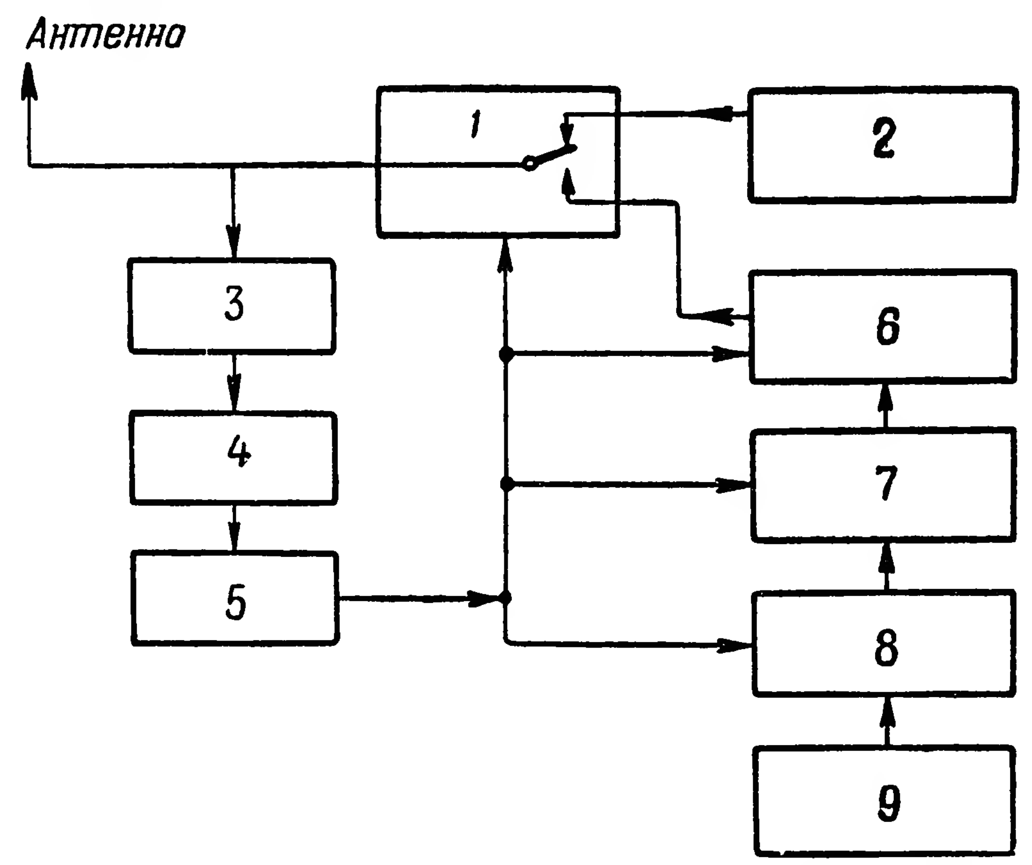


Рис. 43. Блок-схема радиостанции «Минитрек», устанавливаемая на ИСЗ:

1 — переключатель; *2* — передатчик; *3* — фильтр на входе приемника; *4* — приемник; *5* — реле; *6* — передатчик радиотелеметрии; *7* — кодирующее устройство; *8* — запоминающее устройство; *9* — приборы-датчики

сылает непрерывно сигналы для радиопеленгации, передатчик 6 отключается, магнитофонная лента опять движется медленно, то есть все становится так, как было до прихода команды с Земли.

На наземных станциях радионаблюдения за ИСЗ установлена трехспиральная направленная антенна в 10 раз более чувствительная, чем антенны, существовавшие ранее специально для приема данных радиотелеизмерений (рис. 44).

Передача данных телеизмерений в течение короткого времени, когда спутник находится над наземной станцией, производится не только с целью экономии энергии, но и с целью свести к минимуму ошибки, связанные с эф-

---

[1] По некоторым данным, даже за 20 секунд.

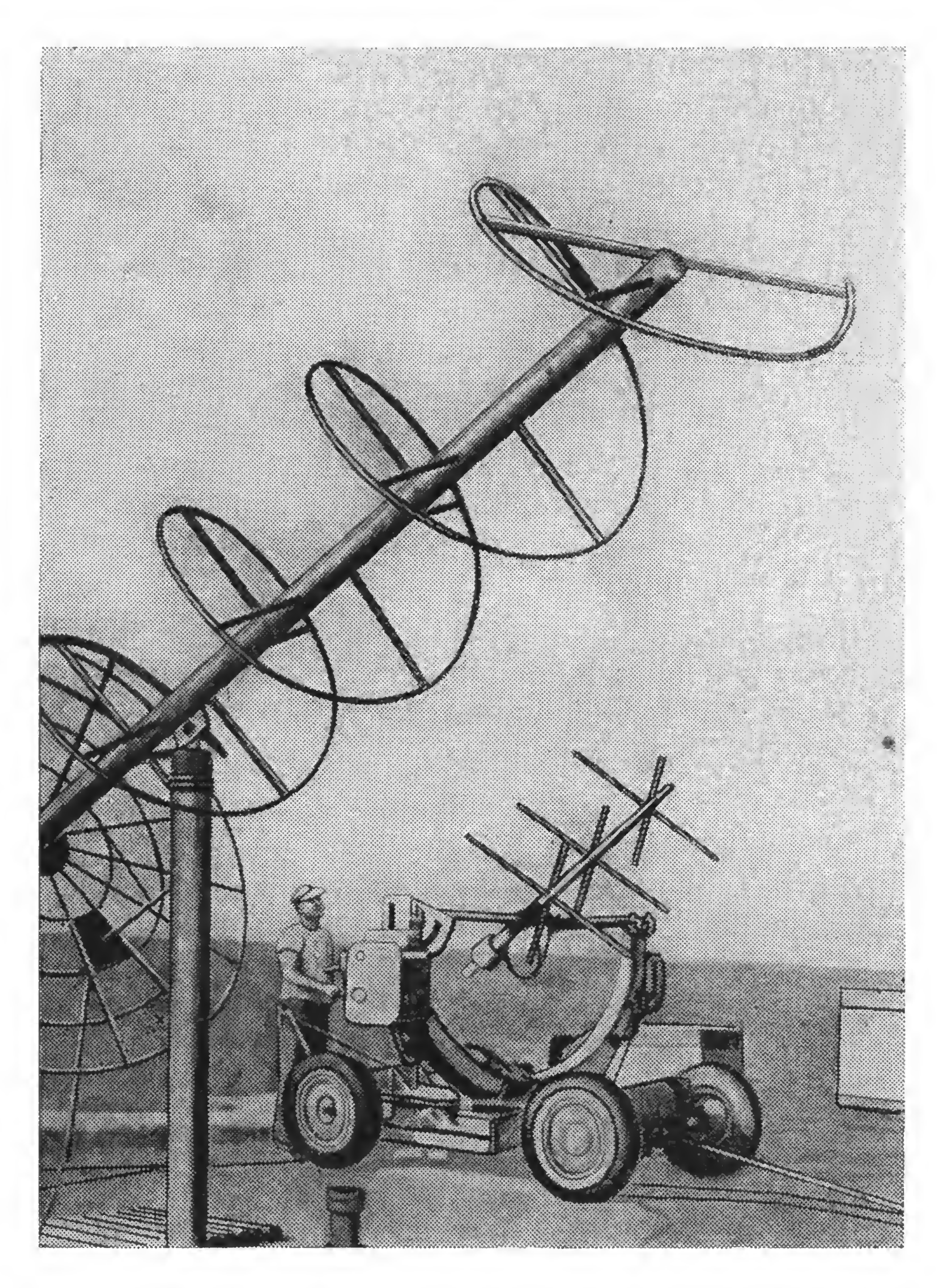


Рис. 44. Спиральная направленная антенна для приема на Земле данных радиотелеизмерений, получаемых с ИСЗ

фектом Допплера. Этот эффект заключается в том, что принимаемая на Земле частота радиосигнала будет большей, чем излучаемая на спутнике, в случае приближения спутника и меньшей при удалении его. Это изменение частоты будет тем большее, чем большая скорость удаления или приближения спутника. Оно может быть принято за изменение частоты передатчика, что при частотной модуляции ведет к ошибкам измерения. За время пере-

дачи порядка полминуты и при условии, что спутник находится над станцией, расстояние между ним и приемником изменится очень мало, и ошибка из-за эффекта Допплера будет небольшой.

Если сравнить два спутника, один из которых непрерывно передает информацию на Землю, а другой лишь после запроса с Земли, то можно увидеть, что первый передатчик будет потреблять мощность в два раза большую, чем второй. Это означает, что второй спутник может более длительное время вести измерения разных физических параметров верхних слоев атмосферы и передавать их на Землю. Этот факт и определил режим работы рассмотренной системы передачи данных измерений на земные измерительные пункты. Сравнение двух вариантов работы приборов сделано в табл. 4.

Таблица 4

Весовые данные двух спутников с непрерывной и дискретной передачей данных телеизмерений на Землю

Оборудование спутника	Непрерывная передача информации		Периодическая передача информации	
	средняя мощность вт	вес, кг	средняя мощность вт	вес, кг
Два счетчика Гейгера-Мюллера	2,75	0,36	2,75	0,36
Термометр сопротивления	1,53	0,11	1,53	0,11
Фотоэлемент	0,82	0,16	0,82	0,16
Два передатчика[1]	8,00	0,68	0,48	0,68
Коммутационный мотор	6,00	0,45	0,36	0,45
Модулятор	1,00	0,45	0,06	0,45
Запоминающее (накопительное) устройство	—	—	0,31	0,73
Приемник	—	—	2,85	0,16
Преобразователи мощности	3,00	0,90	1,65	1,13
Всего	23,10	3,11	10,81	4,23

3. Источники питания ИСЗ

На борту ИСЗ необходимо иметь источник электрической энергии. Мы уже говорили, что таким источником

[1] На спутнике необходимо иметь две радиостанции на случай отказа одной из них.

может быть фотоэлектрический преобразователь излучаемой Солнцем энергии в электрическую.

Это устройство основано на замечательном свойстве некоторых материалов, называемых полупроводниками, непосредственно превращать солнечную энергию в электрическую. Они в природе широко распространены (например, кремний).

Из химически чистого кремния после специальной сложной обработки изготовляют небольшие пластинки, называемые фотоэлементами. Соединив целый ряд таких фотоэлементов между собою, мы и получим солнечную батарею. Уже в настоящее время кремниевые фотоэлементы обладают коэффициентом полезного действия до 10%.

Это не так мало. Вспомним, что паровозы имеют коэффициент полезного действия всего лишь 6%. Однако 10% далеко не предел, и ученые считают, что уже в ближайшее время КПД солнечных батарей может быть повышен до 22%.

Следует иметь в виду, что Солнце, находясь в зените, посылает на Землю энергию, мощностью примерно в 1000 вт на 1 кв. м. Из этого следует, что, создав кремниевую батарею площадью в 1 кв. м, можно получить мощность в 220 вт при КПД в 22%.

Если в земных условиях такому использованию солнечной энергии может мешать плохая погода, то на ИСЗ таких помех не будет. Но, однако, придется осуществить одно важное условие: рабочая поверхность солнечной батареи должна быть перпендикулярной к солнечным лучам. Это условие можно обеспечить только с помощью описанной ниже системы стабилизации ИСЗ.

Говоря о солнечной батарее, следует напомнить, что большинство приборов, в особенности радиоаппаратура, независимо от их назначения будет работать на полупроводниковой основе. А это значит, что они не только будут иметь малый вес и габариты, но, кроме того, будут потреблять приблизительно в 100 раз меньше электроэнергии, чем приборы с использованием обычных радиоламп.

Мы остановились на солнечной батарее потому, что она может служить источником энергии не только на автоматизирозанных ИСЗ, но и на межпланетных станциях и космических кораблях любого типа.

Но возможны и другие способы длительное время получать электрическую энергию на ИСЗ. Эти способы состоят, например, в преобразовании тепловой энергии Солнца и атомной энергии некоторых изотопов стронция в электрическую с помощью батарей термоэлементов.

б) Термоэлектрический преобразователь солнечной энергии и атомный генератор

При выборе источников питания для ИСЗ поступали так же, как и при выборе радиопередатчика, а именно: сравнивали веса источников питания одинаковой мощности и выбирали тот, который весит меньше. Приведем пример. Допустим, что общая потребляемая мощность для питания всей аппаратуры спутника средних размеров составляет 100 вт. Так как наш спутник должен работать длительное время, то брать с Земли запас электроэнергии в виде гальванических или аккумуляторных батарей нецелесообразно, так как такой запас всегда ограничен. На спутнике необходимо иметь генераторы, вырабатывающие электрическую энергию за счет солнечной энергии, запасы которой неограничены. Эти генераторы могут преобразовывать солнечную энергию в электрическую либо с помощью фотоэлементов, либо с помощью термоэлементов.

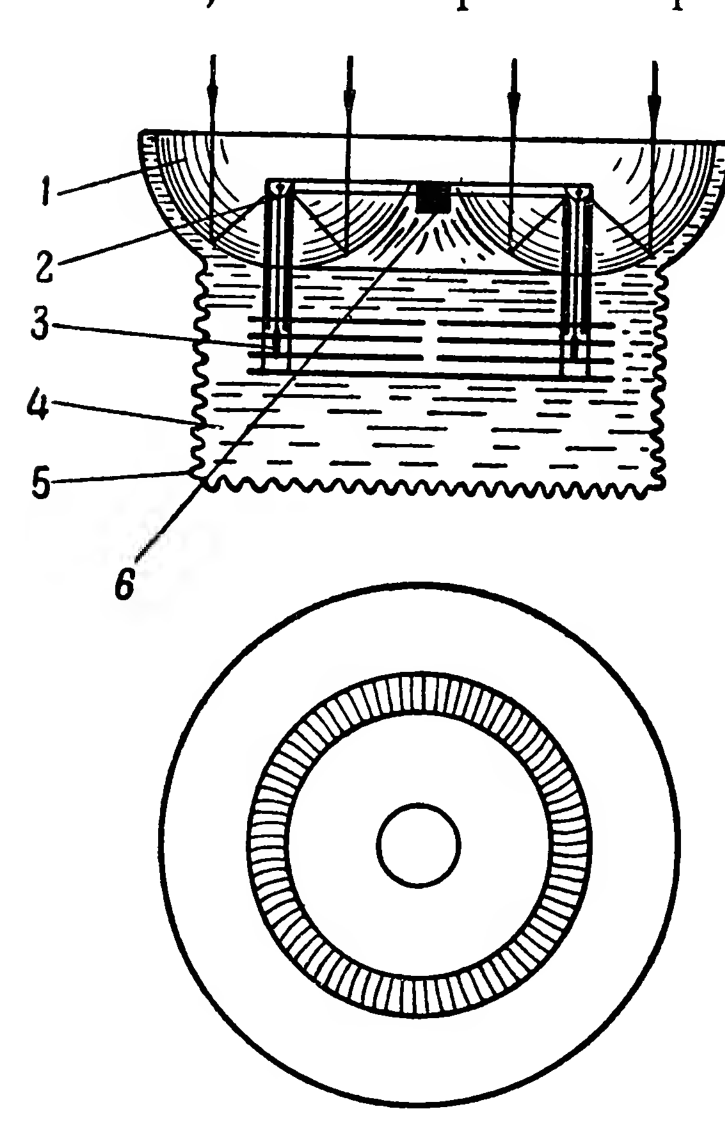


Рис. 45. Возможная схема термоэлектрогенератора:

1 — кольцевое вогнутое зеркало; *2* — фокус отражающего зеркала; *3* — спаи термоэлементов; *4* — масло; *5* — радиатор, окрашенный в черный цвет для лучшего лучеиспускания; *6* — следящее за Солнцем устройство

Как работает солнечная батарея, мы уже рассказывали. В настоящее время электрическую мощность в 100 вт можно получить от солнечной батареи площадью в 1—2 кв. м. Неизвестно пока, долго ли сможет такая батарея выдерживать интенсивную солнечную радиацию.

Можно использовать тепло, идущее от Солнца, с по-

мощью термоэлементов, т. е. устройств, преобразующих тепловую энергию в электрическую. Если составить замкнутую цепь из двух металлов и один из спаев нагреть, оставляя другой холодным, то в такой цепи потечет ток. Это явление получило название термоэлектрического эффекта.

Наибольшим коэффициентом полезного действия (порядка 7,5%) обладают термоэлектрогенераторы, имеющие спаи сурьмяно-цинковых сплавов и теллуровых соединений с константаном.

На рис. 45 изображена возможная схема термоэлектрогенератора, использующего солнечное тепло. Следящее за Солнцем устройство *6* направляет кольцевое вогнутое зеркало *1* навстречу солнечным лучам. Солнечные лучи концентрируются на одних спаях термоэлементов, расположенных по кольцу в фокусе отражающего зеркала *2*, и нагревают их. Охлаждение других спаев термоэлементов *3* может осуществляться с помощью масляного радиатора, работающего по принципу лучеиспускания. Радиатор *5* окрашивается в черный цвет для лучшего лучеиспускания, а масло *4* перемешивается специальным мотором. Охлаждающее устройство будет составлять больше половины общего веса генераторной установки.

Для того чтобы иметь энергию и в то время, когда спутник окажется в тени Земли, на спутниках необходимо, помимо генераторов, иметь аккумуляторы, которые подзаряжаются генераторами при освещении спутников Солнцем.

Третий вид источника питания, с которым будем сравнивать первые два, — это атомный генератор. Он устроен аналогично термоэлектрогенератору, но в качестве источников тепла для него применяется радиоактивный изотоп стронция с атомным весом 90 (стронций 90), период полураспада которого более 25 лет. В этом случае в тепло превращается кинетическая энергия бета-частиц. В настоящее время такая установка еще не осуществлена из-за трудности получения этого изотопа в большом количестве. Подсчитано, что для получения мощности тока в 100 вт потребовалось бы 18—20 кг стронция 90. При использовании изотопов приборы, чувствительные к радиоактивным излучениям (например, счетчики Гейгера-Мюллера), необходимо тщательно экранировать, что приводит к увеличению веса спутника.

Весовые характеристики искусственных спутников с различными источниками энергии мощностью в 100 вт приводятся в табл 5.

Так как спутник с батареей фотоэлементов, как видно из таблицы, будет легче, чем с другими источниками энергии, то надо признать, что наиболее перспективными будут как раз такие спутники.

Таблица 5

Весовые характеристики ИСЗ с различными источниками энергии

Элементы ИСЗ и его оборудование	Фотоэлементы (солнечная батарея,) кг	Батарея термоэлементов, кг	Изотопы с батареей термоэлементов, кг
Корпус	22,7	22,7	22,7
Зеркало	—	72,6	—
Масляный радиатор	—		45,4
Термоэлементы	—	27,2	9,1
Источники тепла	—		22,7
Экранировка	—		45,4
Фотоэлектрический генератор	54,4	—	—
Аппаратура с регистрирующими приборами	27,2	27,2	27,2
Передатчики	13,6	13,6	13,6
Маховички	27,2	27,2	27,2
Аккумуляторная батарея	13,6	13,6	9,1
Общий вес	158,8	204,1	208,7

4. Стабилизация и астроориентировка ИСЗ

Наиболее совершенными будут стабилизированные автоматизированные ИСЗ, которые должны занимать строго определенное, известное положение в пространстве.

Стабилизация угловых положений ИСЗ на орбите необходима, во-первых, для удержания поверхности солнечной батареи в направлении на Солнце и, во-вторых, для придания определенного положения ИСЗ относительно Земли с целью автоматического фотографирования определенных участков земной поверхности, более надежной связи с Землей, наблюдения за движением льдов, масс облаков, спасения кассет с результатами научных наблюдений и т. д.

Выполнение научных наблюдений и фотографирование поверхности Земли должно осуществляться в определенной системе координат, связанной с Землей.

Некоторые задачи, выполняемые ИСЗ, могут потребовать постоянного определения его местонахождения относительно Земли. В этом случае ИСЗ в любой момент полета по орбите должен определять свои географические координаты и высоту над поверхностью Земли.

Эта задача является весьма сложной, и ее решение будет одним из основных факторов, отличающих автоматизированный ИСЗ от неавтоматизированного. Она осуществляется путем системы астроориентировки и стабилизации.

Как только спутник отделится от ракеты-носителя и начнет совершать по орбите самостоятельный полет, эта система должна вступить в действие. Для того чтобы понять физический принцип этой системы, необходимо вспомнить некоторые астрономические и географические понятия.

5. Определение широты и долготы ИСЗ

Как известно, положение любой точки на земной поверхности может быть определено двумя ее координатами — долготой λ и широтой φ.

Через ось вращения Земли можно провести сколько угодно плоскостей, пересечение которых с земной поверхностью образует воображаемые линии, называемые меридианами. Перпендикулярно к этим плоскостям также можно расположить сколько угодно плоскостей, пересечение которых с земной поверхностью образует воображаемые линии, называемые параллелями. Одна из таких параллелей, проходящая через центр Земли, называется экватором.

Угол между линией, проходящей через центр Земли и через любую точку, находящуюся на поверхности Земли, скажем, точку A (указанную на рис. 46), и плоскостью экватора называется широтой места данной точки (на нашем рисунке угол AOB). Его можно заменить также дугой AB и измерять в градусах, минутах или секундах дуги.

Все значения широты, лежащие в северном полушарии, принято считать положительными, а в южном — отрицательными. Долготу места принято измерять к востоку или к западу от меридиана, проходящего через Гринвичскую обсерваторию (находящуюся в Англии). Долготой называется величина дуги экватора между

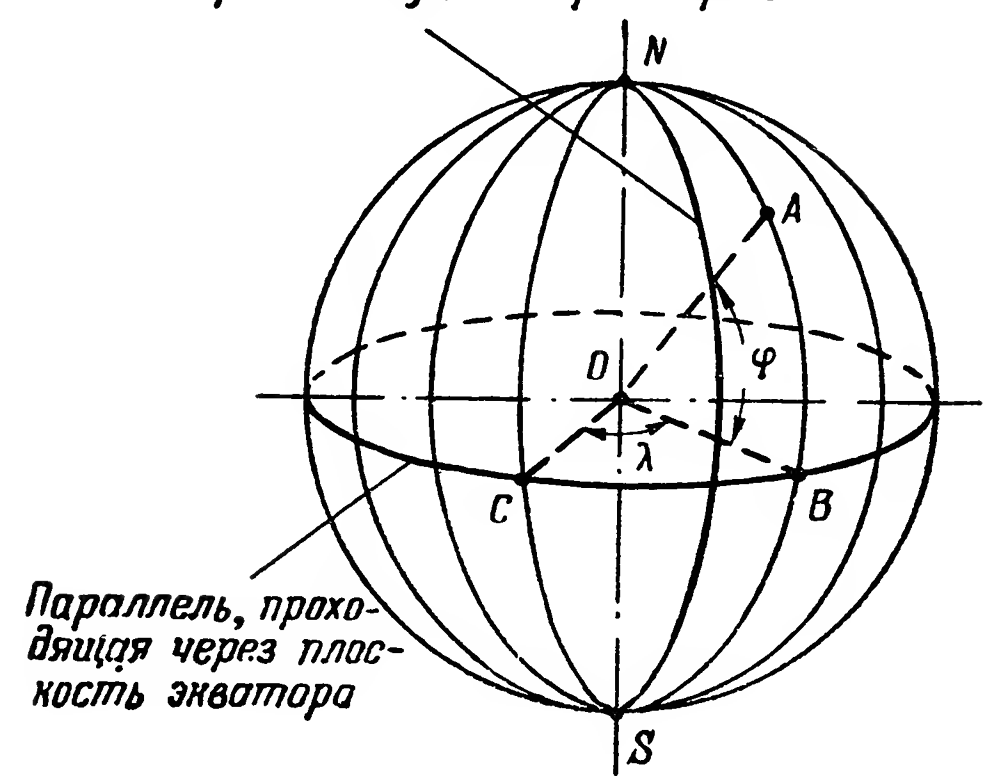


Рис. 46. Географические координаты:
N и S — полюса земли; λ — долгота (дуга AB); φ — широта (дуга CB); O — центр Земли

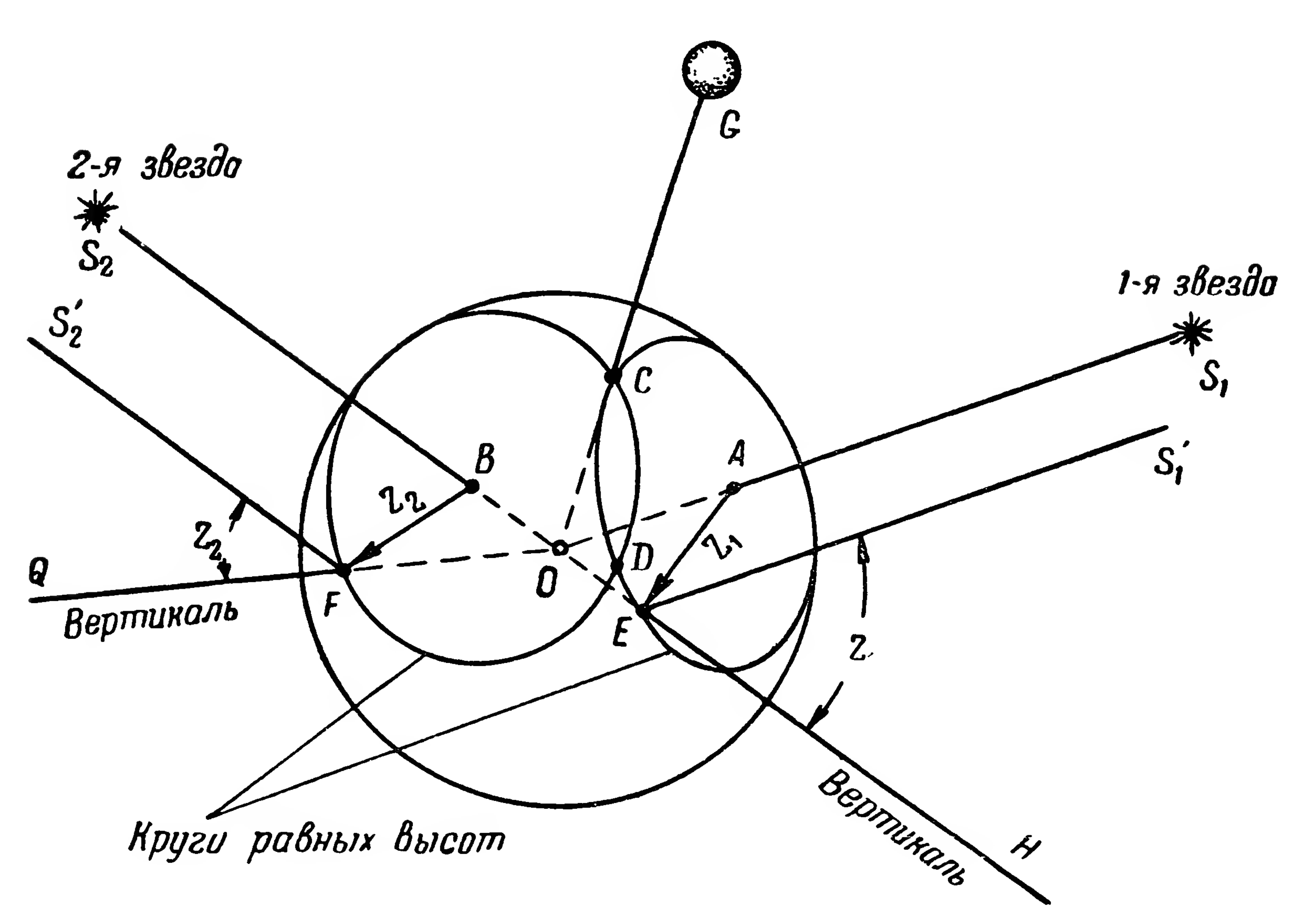


Рис. 47. Определение местоположения ИСЗ относительно земных географических координат:
S_1 и S_2 — первая и вторая звезды; A и B — географические места светил; G — искусственный спутник Земли; Z_1 и Z_2 — зенитные расстояния; OG — вертикаль, или линия, соединяющая центр Земли с центром массы ИСЗ; C — географическое место ИСЗ, т. е. точка пересечения вертикали с земной поверхностью

Гринвичским меридианом и меридианом, проведенным через данную точку. В нашем случае долготой будет дуга *CB*.

Восточную долготу принято считать положительной, западную — отрицательной.

Из рис. 46 видно, что, зная географическую долготу и широту места, мы можем точно определить положение объекта на земной поверхности.

Обратимся теперь к рис. 47.

Здесь изображен земной шар, два светила (звезды) и искусственный спутник Земли *G*.

Представим себе, что мы из центра Земли провели прямую линию, соединяющую ее со звездой, скажем, с первой, обозначенной на рис. 47 буквой S_1. Эта линия пересечет земную поверхность в точке *A*. Человек, который находится в этой точке, будет видеть первую звезду в зените, т. е. прямо над головой. Если он удалится от этой точки в любую сторону, то будет видеть эту звезду уже не прямо над головой, а под некоторым углом, причем этот угол будет изменяться вследствие шарообразности Земли в зависимости от удаления его от этой точки. Точка *A* или *B* называется географическим местом светила и обозначается сокращенно ГМС.

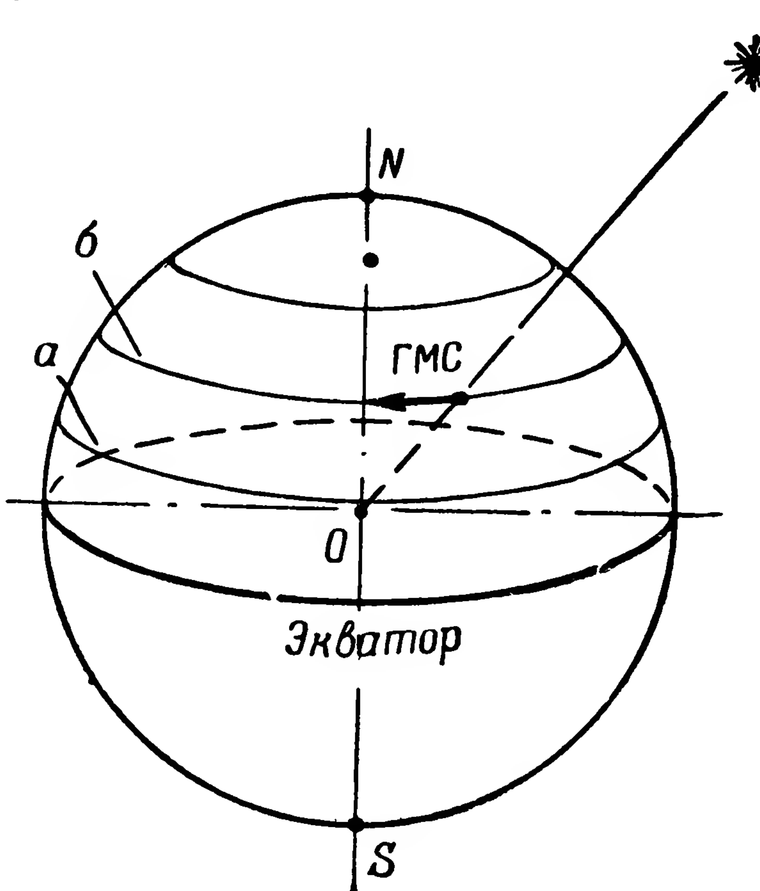


Рис. 48. Географическое место светила (ГМС):
а и *б* — параллели; *N* и *S* — полюса Земли; *O* — центр Земли

ГМС перемещается по земной поверхности со скоростью один оборот вокруг оси Земли в звездные сутки[1], причем его путь будет совпадать с какой-либо из парал-

[1] З в е з д н ы е   с у т к и — это время между двумя последовательными прохождениями светила через данный меридиан. В нашем примере для первой звезды звездными сутками будет являться время, за которое точка *A*, двигаясь по параллели *a*, опишет полную окружность. Величина звездных суток постоянна и меньше принятых в обиходе (солнечных суток) на 4 минуты.

лелей (рис. 48) *а* и *б*. Из этого следует, что широта ГМС в каждом отдельном случае будет известной и постоянной, а изменение долготы, т. е. скорость перемещения *ГМС* по параллели, происходит строго закономерно (15 дуговых градусов за час звездного времени).

Пусть человек удалился от *ГМС* (точка *А*) в точку *Е*. Из рис. 47 ясно видно, что, двигаясь по окружности вокруг точки *А*, человек будет всегда видеть первую звезду под одним и тем же углом относительно плоскости горизонта, называемым высотой светила. Эта окружность на земной поверхности называется кругом равных высот.

Угол между направлением на светило, взятым из какой-либо точки (например, точки *Е*), лежащей на круге равных высот, и вертикалью (на нашем рисунке угол $AOE = Z_1$ и $FOB = Z_2$, так как лучи, идущие от звезд S_1 и S_2, вследствие их огромной удаленности являются параллельными) называется зенитным расстоянием. Сумма углов зенитного расстояния и высоты светила равна 90°.

Лучи, идущие от первой звезды S_1A и S_1^1E, равно, как и лучи S_2B и S_2^1F, идущие от второй звезды, соответственно параллельны.

Теперь обратимся к искусственному спутнику Земли. Для него, так же как и для звезд, мы будем иметь вертикаль *OG* (линия, соединяющая центр Земли с ИСЗ) и его географическое место, лежащее в точке пересечения этой вертикали с земной поверхностью, т. е. в точке *С*.

Очевидно, положение ИСЗ можно определить тремя координатами — широтой и долготой географического места ИСЗ и высотой относительно поверхности Земли.

В связи с этим астронавигация искусственного спутника Земли разбивается на два этапа: во-первых, определяется широта и долгота географического места ИСЗ каким-либо астрономическим способом, причем его существо не отличается от принятых в мореходной и авиационной навигации способов, во-вторых, определяется высота искусственного спутника Земли над Землей. Выполнение обоих этапов астронавигационных измерений и дает полное представление о положении искусственного спутника Земли в пространстве.

Определение координат ИСЗ может быть осуществлено наземными оптическими, радиолокационными и радионавигационными средствами, а также с помощью астрономических приборов, располагаемых на ИСЗ.

С точки зрения научного и военного использования ИСЗ имеют наибольший интерес автономные астрономические методы определения координат ИСЗ, осуществляемые непосредственно со спутника. Автономные методы ориентировки не подвержены каким-либо искусственным помехам и отличаются высокой точностью измерений.

Существо астрономического метода ориентировки ИСЗ сводится к следующему. Определение координат географического места спутника (см. рис. 47 и 48, точка *C*) может быть получено одним из наиболее распространенных методов астроориентировки, основанном на одновременном измерении высоты двух светил. Этот метод широко применяется в морской и авиационной навигации. Его сущность состоит в следующем: из точки *C* одновременно измеряем зенитное расстояние двух звезд S_1 и S_2.

Поскольку координаты *ГМС* (точки *A* и *B*) нам известны, то измеренные зенитные расстояния Z_1 и Z_2 позволяют построить два круга равных высот, пересекающихся в точках *C* и *D*. В простейшем случае такое построение может быть осуществлено на глобусе, для чего необходимо установить ножку циркуля в точке *ГМС* звезды (например, в точку *A*), отложить дугу *AC*, равную зенитному расстоянию, и провести окружность — круг равных высот. Аналогичный круг равных высот строится и для второго светила S_2. Поскольку круги равных высот пересекаются в двух точках (*C* и *D*), расположенных на значительном расстоянии друг от друга, а вероятное местоположение наблюдателя (корабль, самолет) обычно бывает известно, то выбирается точка в районе предполагаемого места. В нашем случае координаты точки *C* и являются искомыми координатами местонахождения наблюдателя на земной поверхности. Очевидно, для решения этой задачи необходимо иметь оптическое устройство, позволяющее определять направление на звезды и измерять углы между плоскостью горизонта и направлением на звезды. В мореходной и авиационной практике в качестве таких приборов служат секстанты.

Секстант — это прибор, состоящий из оптического устройства, с помощью которого осуществляется визуальное наблюдение за звездой, и вертикали, относительно которой измеряется зенитное расстояние наблюдаемой звезды.

В подавляющем числе случаев в качестве вертикали секстанта используется хорошо известный жидкостной уровень, работающий на принципе маятника.

Если методы астрономической навигации, использующие секстанты, могут быть приемлемы для искусственного спутника Земли, то сами приборы — секстанты непригодны для непосредственного использования на ИСЗ.

Астронавигационными приборами, устанавливаемыми на искусственном спутнике Земли, должно осуществляться автоматическое слежение за небесными светилами, а также должен применяться принципиально новый способ определения вертикали.

6. Определение направления вертикали на ИСЗ

Если на Земле положение вертикали определяется без какого-либо труда, так как любое подвешенное на нити тело дает направление вертикали, то в условиях спутника Земли определение направления линии отвеса, или вертикали, представляет чрезвычайно сложную задачу. Объясняется это тем, что вследствие равенства центробежной силы и силы тяготения все тела внутри ИСЗ невесомы, и определение направления вертикали с помощью маятниковых устройств не представляется возможным.

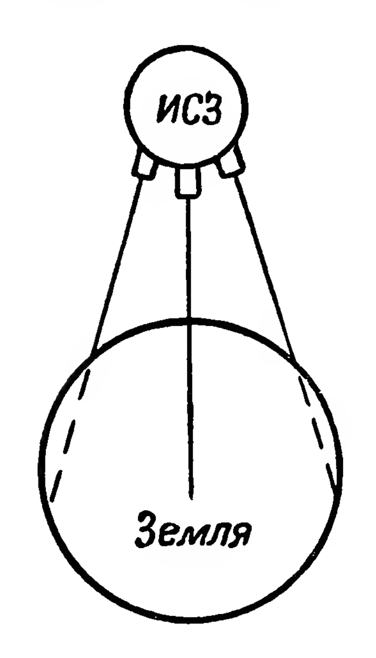


Рис. 49. Трехлучевая фотооптическая система для наблюдения за видимыми краями Земли

В связи с этим на искусственном спутнике Земли необходимо иметь специальное устройство, определяющее вертикаль. Одним из возможных способов определения ее в условиях ИСЗ является оптический способ. Суть этого способа заключается в том, что на ИСЗ устанавливается трехлучевая оптическая система, следящая за видимыми краями Земли. Углы между оптическими осями телескопов, следящих за видимыми краями (горизонтом) Земли, одинаковые, благодаря чему направления оптических осей телескопов образуют трехгранную пирамиду, опирающуюся своими гранями (рис. 49) на поверхность Земли, с вершиной на ИСЗ. По законам геометрии продолжение оси такой пирамиды обязательно пройдет через центр Земли. Она и будет искомой вертикалью на ИСЗ.

Несмотря на кажущуюся простоту, практическое выполнение такой вертикали встречает существенные трудности, одновременное слежение за освещенными и затененными поверхностями Земли является сложной технической задачей. Кроме того, неровности поверхности Земли (горы), а также облачность и дымка могут вызвать погрешности в определении вертикали. Для устранения влияния облачности и дымки могут быть использованы световые фильтры, позволяющие видеть тепловые излучения поверхности Земли в инфракрасной области спектра.

Точность трехлучевой оптической вертикали может быть высокой. Так, например, при полете ИСЗ на высоте 500 км и превышении отдельных участков горизонта на

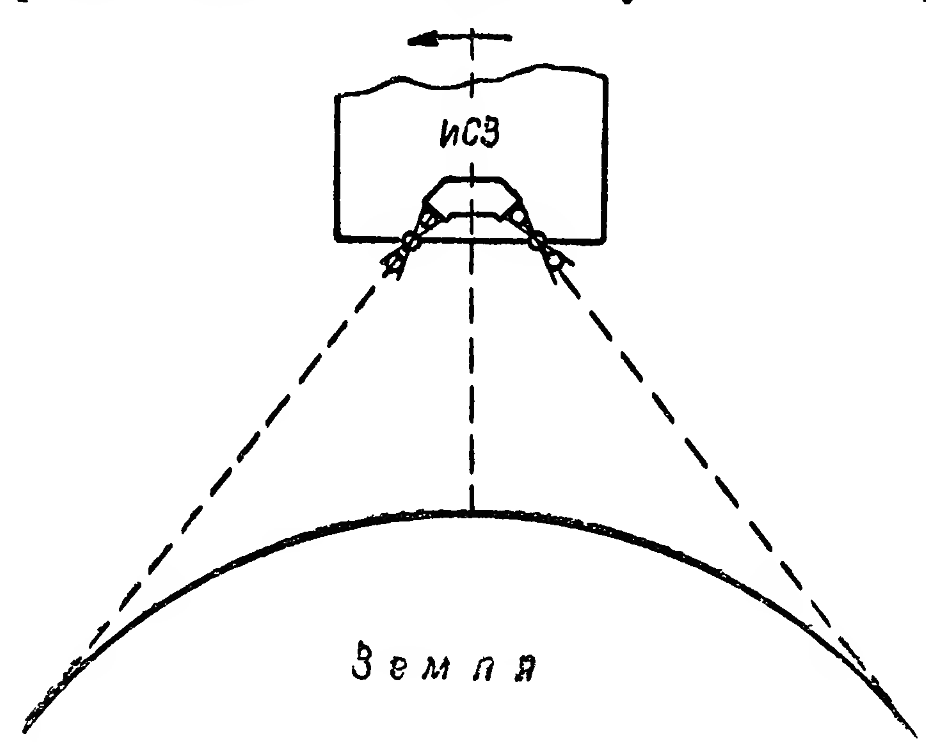


Рис. 50. Определение вертикали с ИСЗ на Землю с помощью 2—4 счетчиков направленного действия

10 км отклонение оси оптической пирамиды от истинной вертикали может не превышать один градус.

Другие известные в настоящее время способы определения вертикали на ИСЗ имеют малую точность.

В качестве примера рассмотрим способ, использующий экранирующее свойство земного шара по отношению к изотропной составляющей космических лучей. Эта составляющая состоит в основном из нейтронов, не отклоняемых магнитным полем Земли.

Чтобы использовать это свойство, расположим на спутнике 2—4 счетчика космических частиц направленного действия и направим их на линию горизонта

(рис. 50) так же, как были направлены телескопы в рассмотренном оптическом устройстве.

Если под действием каких-либо причин какой-то счетчик окажется направленным ниже линии горизонта, то счетчик, расположенный против него, будет направлен выше линии горизонта. Тогда вследствие экранирующих свойств Земли число частиц, регистрируемых первым счетчиком, станет равным нулю, а у второго счетчика число регистрируемых частиц резко возрастет.

Поступающий от счетчика разностный сигнал после усиления можно подать на устройство типа вращающихся маховичков, восстанавливающее направление вертикали на спутнике к центру Земли. Предполагают, что такой метод стабилизации позволит получить вертикаль на спутнике с ошибкой не более 10°.

Подобная ошибка является большой для астрономической ориентировки. Но такая точность определения вертикали достаточна для решения некоторых задач, не требующих большой точности ориентации ИСЗ в пространстве.

Оптическое устройство, следящее за краями Земли, и устройство с направленными счетчиками требует автоматического изменения угла между ними (α) в зависимости от высоты полета ИСЗ над Землей, которая будет все время меняться, так как спутник имеет эллиптическую орбиту, что вызывает усложнение этих устройств.

7. Следящее и счетно-решающее устройства астроориентировки

Как было указано выше, для определения координат местонахождения ИСЗ необходимо, кроме вертикали, иметь и оптические устройства — телескопы, автоматически следящие за двумя звездами. Эти фотоследящие устройства содержат в себе оптическую систему телескопов, направляющих световой поток от звезд на фотоэлементы. Электрические сигналы от фотоэлементов передаются через усилители на инерционные двигатели, которые направляют телескопы на звезды. При отклонении каждого из телескопов от направления на соответствующую звезду такая следящая система автоматически возвращает его обратно.

Вполне очевидно, что выполнять какие бы то ни было

построения на глобусе, как это показано было выше, в условиях ИСЗ не представляется возможным.

Эта задача должна решаться автоматически электронным счетно-решающим устройством. На вход этого счетно-решающего устройства поступают сигналы, соответствующие измеренным зенитным расстояниям двух звезд.

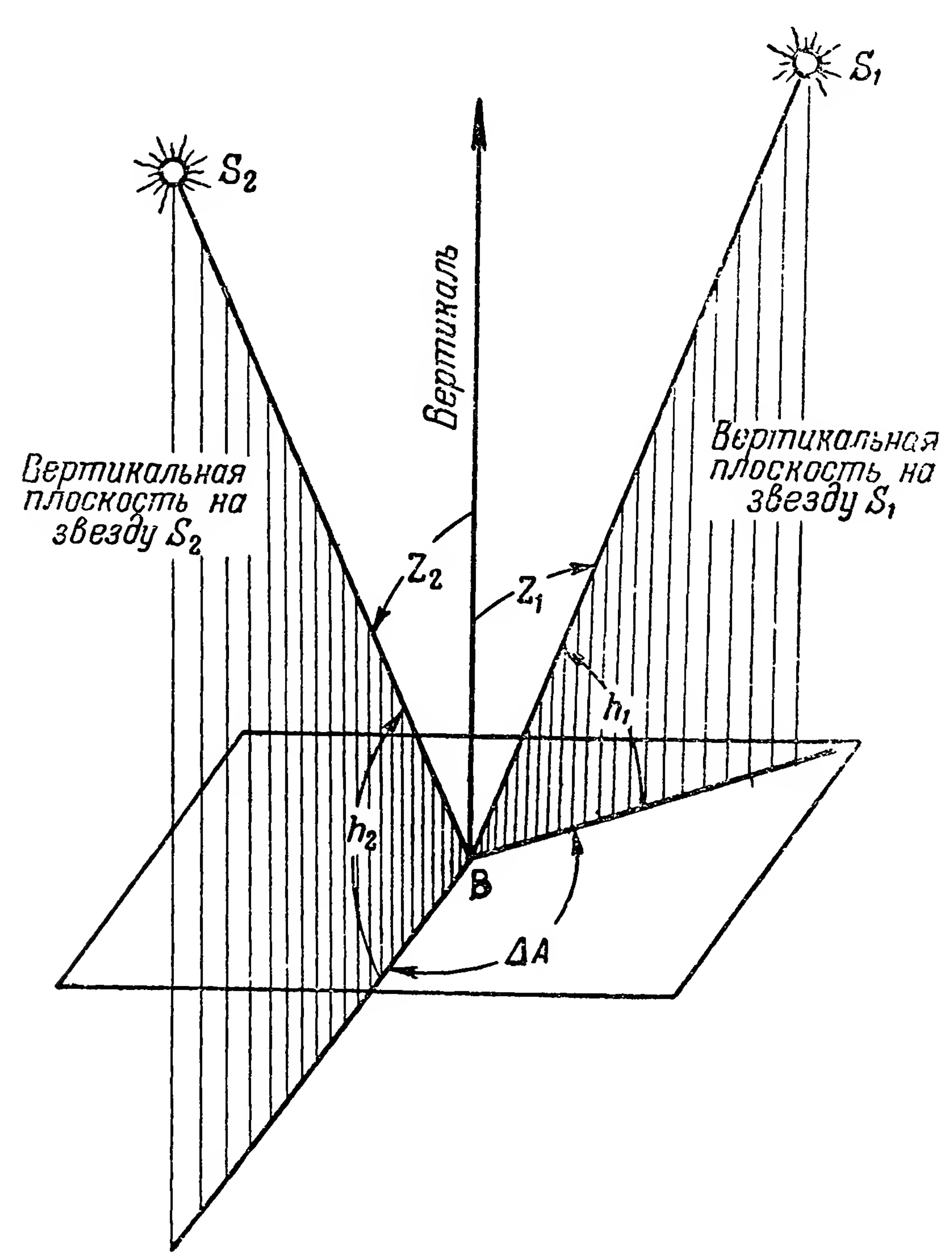


Рис. 51. Определение разности азимутов: h_1 и h_2 — высота светил, Z_1 и Z_2 — зенитные расстояния, ΔA — разность азимутов; B — местонахождение ИСЗ

Кроме того, перед запуском ИСЗ в счетно-решающее устройство вводятся координаты географических мест светил (*ГМС*). Изменение долготы *ГМС* осуществляется от часов, которые изменяют долготу на 360° в течение звездных суток. На основании измеренных и заданных данных счетно-решающее устройство выполняет математическую операцию, сводящуюся к определению коорди-

нат точек пересечения двух кругов на сфере. По существу задача сводится к решению двух тригонометрических уравнений с двумя неизвестными — широтой и долготой географического места ИСЗ.

Полученные в результате автоматической работы счетно-решающего устройства координаты ИСЗ поступают на соответствующие приборы, а также могут быть переданы по телеканалам связи на Землю.

В процессе движения искусственного спутника по орбите вполне возможна потеря видимости одной или обеих звезд вследствие того, что Земля может оказаться между искусственным спутником и наблюдаемыми звездами. Следовательно, астроориентатор должен автоматически переключаться на другие видимые и удобные для навигации звезды. Но для выполнения этого необходимо вводить в счетно-решающее устройство координаты географического места этих звезд. С этой целью в счетно-решающем механизме должно быть предусмотрено устройство для задания программы перехода с одних звезд на другие, а координаты *ГМС* звезд, входящих в программу, должны задаваться перед запуском ИСЗ. Выбор удобных для навигации звезд производится с учетом того, чтобы в процессе движения ИСЗ по орбите между очередными наблюдаемыми звездами была разность азимутов [1] около 90°, а зенитные расстояния не были бы малы. Удовлетворение этих условий дает возможность повысить точность определения широты и долготы ИСЗ. Поясним эти два важных требования.

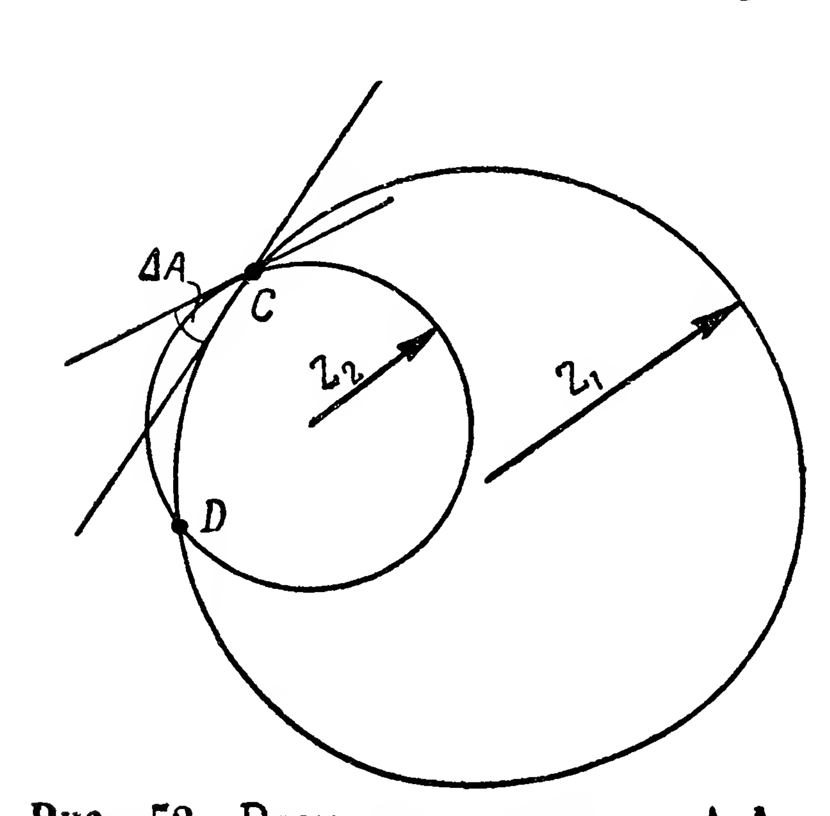


Рис. 52. Разность азимутов ΔA слишком мала и определение положения точки пересечения кругов равных высот затруднительно: Z_1 и Z_2 — зенитные расстояния; C и D — точки пересечения кругов

Как было указано выше, географическое место искус-

---

[1] Разностью азимутов называется угол между двумя плоскостями, проходящими через направление на светила и перпендикулярными плоскости горизонта.

ственного спутника Земли определялось как точка пересечения двух кругов равных высот звезд. Угол ΔA между касательными к кругам равных высот в их точке пересечения как раз и есть разность азимутов.

Разность азимутов может быть наглядно представлена на рис. 51, где h_1 и h_2 — высота светил (звезд), ΔA — разность азимутов. Из рис. 51 видно, что если значения h_1 и h_2 близки к нулю, то звезды близки к горизонту.

Если угол между касательными мал (см. рис. 52), то определение положения точки пересечения кругов равных высот становится затруднительным.

Наиболее точное определение точки пересечения кругов равных высот получается в том случае, когда разность азимутов близка к 90° (рис. 53).

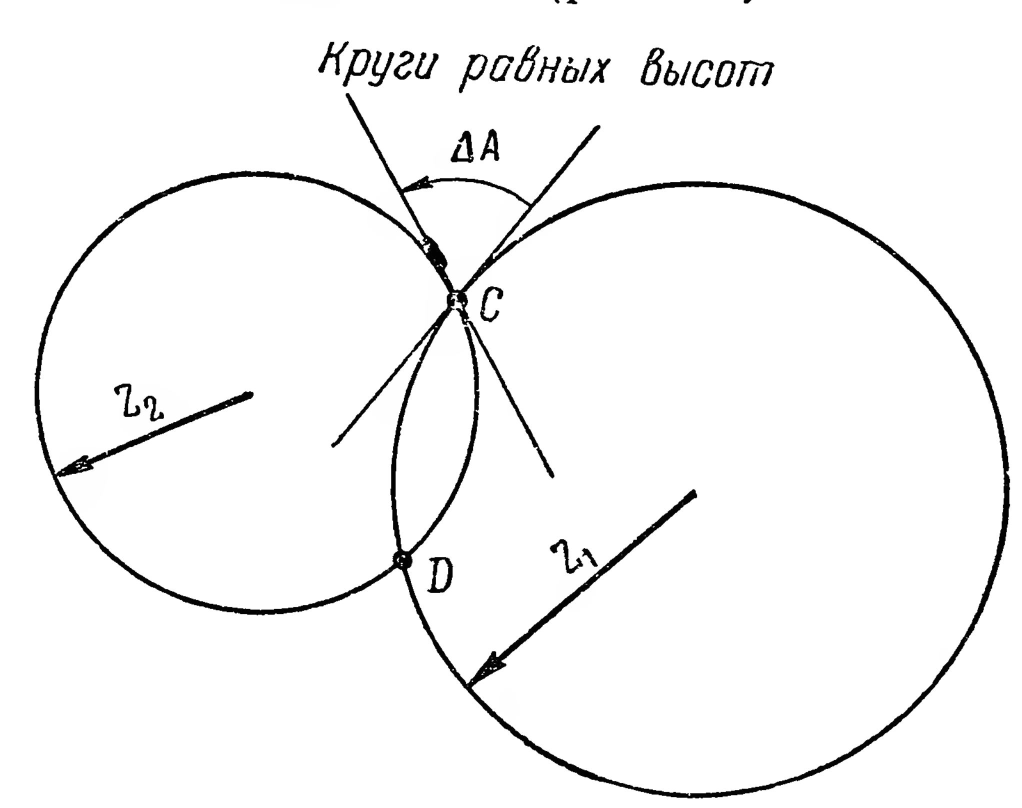


Рис. 53. Разность азимутов близка к 90°, определение точки пересечения кругов равных высот наиболее точное:

Z_1 и Z_2 — зенитные расстояния; C и D — точки пересечения кругов

Величина зенитного расстояния определяет радиус круга равных высот. Если зенитное расстояние мало (рис. 54), то две точки пересечения кругов равных высот (точка C и точка D) могут быть близки друг к другу, и счетно-решающее устройство может не различить разницы между координатами этих двух точек, что приведет к неправильному определению местоположения искусственного спутника Земли.

Из приведенных примеров видно, какое важное значе-

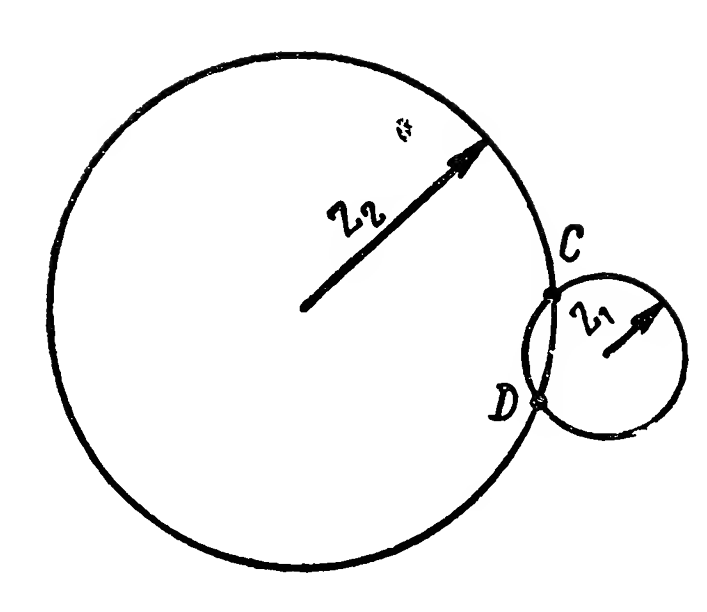


Рис. 54. Зенитное расстояние Z_1 мало по сравнению с Z_2, точки пересечения кругов равных высот C и D трудно различимы

ние имеет выбор удобных для астронавигации звезд. Этот выбор для различных вариантов запуска ИСЗ может быть произведен астронавтами заблаговременно.

К устройству, осуществляющему астроориентировку ИСЗ, предъявляются весьма высокие требования в отношении точностей. Например, ошибка в определении вертикали в 1° приводит к появлению ошибки в определении координат ИСЗ до 111 км на земной поверхности.

8. Измерение высоты полета ИСЗ

Следует заметить, что описанное выше устройство, состоящее из оптического построителя вертикали и фотоэлектронного следящего устройства за звездами, которое обычно называется астроориентатором, может также измерять и третью координату — высоту полета ИСЗ.

Измерение высоты осуществляется вертикалью астроориентатора.

Как видно из рис. 55, треугольник AO_1O, образованный одной из граней AO_1 и осью OO_1 оптической пирамиды, содержит одну известную сторону OA, равную радиусу (R) Земли, и измеренный угол α.

Так как треугольник AOO_1 является прямоугольным, то сторона его OO_1 легко определяется. Отсюда следует, что высота полета H получается путем вычитания из стороны OO_1 треугольника отрезка OB,

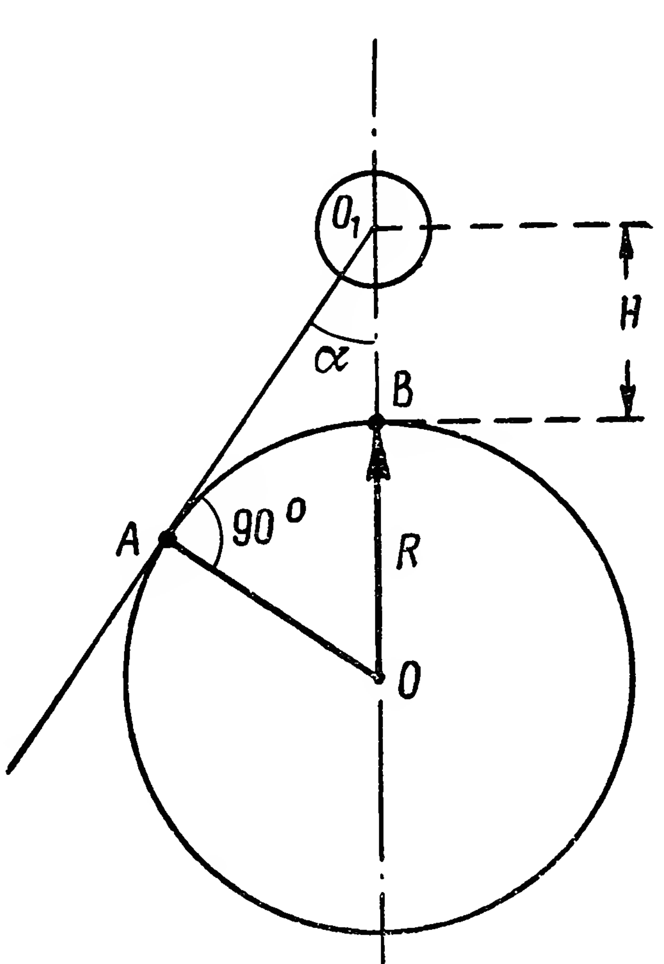


Рис. 55. Определение высоты ИСЗ:

H — высота полета ИСЗ; α — измеренный угол; R — радиус Земли; O — центр Земли, O_1 — центр ИСЗ; A — точка касания луча; B — географическое место ИСЗ

равного радиусу Земли. Эта геометрическая задача решается также счетно-решающим устройством астроориентатора, находящегося на спутнике.

Описанный выше принцип построения астроориентатора не является единственным. Он может быть основан также на других принципах [1]. Магнитный принцип ориен-

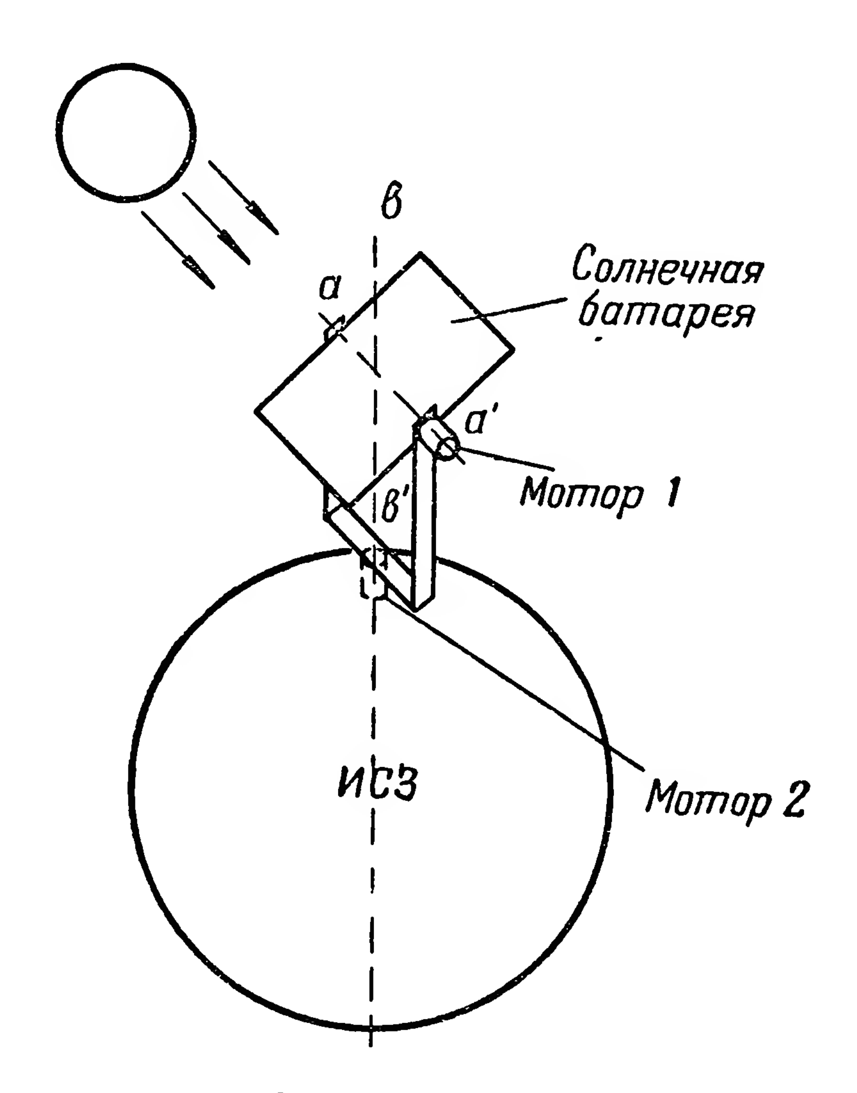


Рис. 56. Следящее устройство, постоянно удерживающее солнечную батарею спутника Земли в направлении на Солнце:

а — а' — горизонтальная и *в — в'* — вертикальная оси вращения солнечной батареи

тировки и стабилизации ИСЗ может обеспечить приемлемую точность определения вертикали. По-видимому, этот последний принцип найдет широкое применение на различных типах автоматизированных и обитаемых спутниках типа сателлоида.

Конструкция астроориентатора, несмотря на кажущуюся простоту заложенных в нем принципов, является

---

[1] О принципах устройства таких систем ориентации ИСЗ рассказывается в брошюре «Управляемые снаряды и ракеты», Издательство ДОСААФ, Москва, 1957 г., стр. 107—108.

сложнейшим устройством, осуществление которого связано с разрешением принципиально новых технических задач с привлечением последних достижений оптики, автоматики и телемеханики. К этому устройству предъявляются жесткие требования в части точности, малых весов, габаритов и потребляемой энергии.

При рассмотрении ориентации и стабилизации спутника мы не учитывали того, что плоскость солнечной батареи должна быть всегда направлена на Солнце. Это осуществляется специальной следящей за Солнцем системой, поворачивающей плоскость батареи вокруг горизонтальной оси *аа'* и вертикальной оси *вв'* с помощью моторов *1* и *2* (рис. 56).

При отклонении солнечной батареи от направления на Солнце от специального устройства, не показанного на рисунке, измеряющего величину этого отклонения, подаются сигналы на мотор *1* или мотор *2* такого знака, чтобы при своем вращении они восстанавливали необходимое положение батареи.

Такое слежение за Солнцем будет осуществляться и при других способах стабилизации, например, относительно гироскопов, находящихся на ИСЗ, или относительно звезд, так как необходимость в электроэнергии всегда остается.

Вопрос о том, стабилизировать ли корпус ИСЗ на Солнце или же по земной вертикали, должен решаться в зависимости от соотношения масс аппаратуры, предназначенной для исследования Солнца вместе с солнечной батареей, и аппаратуры для исследования и фотографирования Земли.

Если первый комплекс оборудования (по массе) больше второго, то корпус ИСЗ вместе с солнечной батареей нужно стабилизировать на Солнце. Второй же комплекс стабилизировать на Землю отдельно от корпуса, и наоборот.

Если второй комплекс больше по массе, чем первый, то корпус ИСЗ следует стабилизировать по земной вертикали, а солнечную батарею стабилизировать отдельно на Солнце, как показано на рис. 56. В этом случае получается наименьший расход энергии, потребляемой автоматической системой стабилизации.

Стабилизация всех спутников, снабженных приборами, необходима, так как неизменность положения их (например, относительно Солнца, звезд, направления к центру Земли или другого определенного направления) облегчает получение и раскрытие смысла результатов измерений.

9. Стабилизирующие элементы спутника

Для продления активного срока жизни ИСЗ необходимы более долговечные источники электроэнергии. Надо полагать, что в ближайшие годы наиболее перспективными источниками питания на спутниках будут солнечные батареи, собранные на кремниевых фотоэлементах, с помощью которых будут подзаряжаться специальные малогабаритные аккумуляторы. Естественно, эта батарея должна быть ориентирована в направлении на Солнце во время движения ИСЗ. При этом, как уже упоминалось, сама солнечная батарея может быть жестко связана с корпусом ИСЗ или не связана с ним. В первом случае одновременно с ориентацией солнечной батареи возможна ориентация на Солнце или другие светила и ряда научных приборов, жестко связанных с корпусом ИСЗ.

Для угловой ориентации осей спутника относительно различных опорных тел (Земли, Солнца, Луны, звезд и т. п.) могут быть использованы только два способа:

1) с помощью реактивных микродвигателей;

2) с помощью вращающихся инерционных масс.

Следует учитывать, что первый способ может оказаться малоприемлемым, так как при его применении происходит загрязнение окружающего пространства продуктами рабочего вещества, отбрасываемого соплами реактивных микродвигателей.

Очевидно, более рациональным будет второй способ, предложенный еще К. Э. Циолковским[1]. Этот способ основан на законе сохранения главного момента количества движения, открытого 200 лет назад Ньютоном. Закон весьма прост.

Поместим в теле ИСЗ инерционную массу в виде диска или кольца, которую можно приводить во враще-

[1] Циолковский К. Э. Собр. соч. Издательство АН СССР, 1954 г., Москва, т. II, стр. 58—60, фиг. 4 и текст, а также Циолковский К. Э. «Труды по ракетной технике», Москва, 1947 г., стр. 322, фиг. 6 и описание.

ние относительно тела ИСЗ двигателем. Если эту массу привести во вращение, то реактивная сила ее будет стремиться вращать тело ИСЗ в противоположную сторону.

Таким способом можно остановить в пространстве вращение оболочки спутника, если оно имеется, и повернуть тело спутника на желаемый угол, то есть осуществить угловую ориентацию спутника относительно опорного тела. Таким образом, в качестве стабилизирующих элементов могут быть использованы инерционные массы или специальные двигатели с инерционным ротором, а также реактивные микродвигатели, которые играют роль управляющих органов в условиях спутника (то есть в условиях невесомости и безвоздушного пространства).

Очевидно, что реальная система стабилизации спутников предполагает сочетание этих двух методов, так как система реактивных сопел способна устранять большие возмущающие моменты, но не дает необходимой точности стабилизации, в то время как инерционные массы способны осуществить весьма точную стабилизацию, но возможности их в смысле отработки внешних возмущений ограничены.

Глава VI

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СУЩЕСТВОВАНИЯ ИСЗ И НАБЛЮДЕНИЕ ЗА НИМ

1. Три орбиты ИСЗ

Мы уже говорили, что искусственные спутники Земли будут выполнять самые разнообразные задачи. В зависимости от задач будет избираться и соответствующая орбита, зависящая в свою очередь от того, каким образом и где будет осуществлен запуск ИСЗ.

Мы уже знаем, что расстояние орбиты до Земли определяет скорость спутника (круговую скорость) и количество оборотов, совершаемых им вокруг Земли в сутки. Например, первый советский ИСЗ обходил вокруг Земли в сутки 15 раз (один полный оборот его, таким образом, занимает 96 минут).

За те же 96 минут Земля повернется вокруг своей собственной оси на 24° так, что спутник, сделавший один полный оборот, уже окажется над другими странами и с каждым новым оборотом будет пролетать над все новыми точками Земли. Это справедливо для любой орбиты за исключением одной: если плоскость орбиты будет совпадать с плоскостью экватора, то спутник будет пролетать всегда над одними и теми же странами, расположенными на экваторе. Если плоскость орбиты спутника пройдет через полюса, то в течение суток он побывает в разное время над различными странами мира.

В любом промежуточном положении, т. е. если плоскость орбиты будет составлять любой угол с плоскостью экватора, спутник, вращаясь вокруг Земли, будет проходить над различными земными географическими

точками, заключенными в пределах удвоенного такого угла.

Указанные три положения орбиты искусственного спутника Земли (полярная, экваториальная и наклонная) представлены на рис. 57.

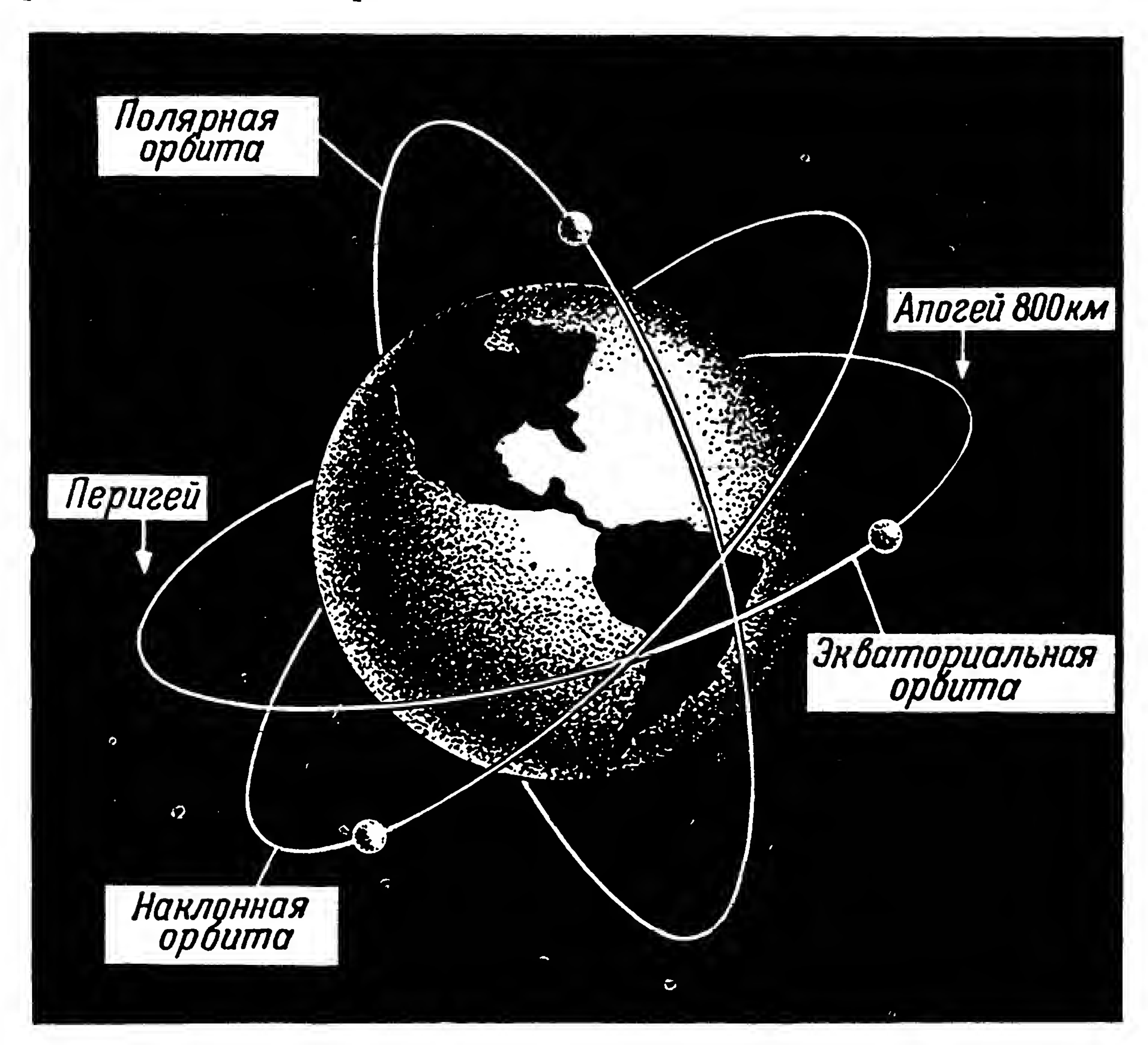


Рис. 57. Некоторые положения плоскости орбит ИСЗ

Частота прохождения ИСЗ над одной и той же точкой на Земле будет зависеть как от числа оборотов, совершаемых ИСЗ вокруг Земли в сутки, так и от географической широты, на которой расположена данная точка.

Спутник, запущенный на высоту 1730 км, облетит земной шар примерно за 2 часа, т. е. сделает 12 оборотов вокруг Земли в сутки. За время одного оборота ИСЗ Земля повернется на 30°. Если бы мы захотели, чтобы спутник находился над одной и той же точкой на поверхности Земли, то нам пришлось бы запустить его, во-первых, в плоскости экватора, а во-вторых, на высоту

35 800 км над поверхностью Земли, что составляет около 6 земных радиуса[1]. Только в этом случае угловая скорость вращения Земли и ИСЗ будут одинаковы.

Если не учитывать различных возмущений (влияния Луны, сжатия Земли, сопротивления воздуха), то искусственные спутники, как и всякие другие тела, будут двигаться вокруг Земли по эллиптическим орбитам. При этом период обращения спутника T вокруг Земли может быть определен по формуле

$$T = 2\pi a \sqrt{\frac{a}{\chi \cdot M_з}} = 3{,}14 \cdot 10^{-10} a^{3/2}, \qquad (5)$$

где $\pi = 3{,}14$;

$\chi = 6{,}67 \cdot 10^{-8} \frac{дин \cdot см^2}{г^2}$ — постоянная всемирного тяготения, или гравитационная постоянная;

$M_з = 5{,}98 \cdot 10^{27}$ г — масса Земли;

a — большая полуось эллиптической орбиты в сантиметрах;

T — период обращения спутника в секундах.

Спутник, движущийся недалеко от поверхности Земли, что нереально, делал бы один оборот за 1,41 часа. На высоте 400 км над Землей спутник сделает один оборот за 1,54 часа. Скорость такого спутника равна 7,7 км/сек, или 28 000 км/час.

Из приведенных примеров следует, что далеко не безразлично, где будет запущен ИСЗ.

От того, как он будет запущен, будет зависеть высота орбиты. (Под способом запуска мы понимаем в данном случае программу полета ракеты-носителя ИСЗ, о которой говорилось выше.)

Но оказывается небезразлично даже, когда, т. е. в какое время года и суток, будет запущен ИСЗ.

Мы уже говорили, что искусственный спутник с помощью специальных батарей будет получать энергию непосредственно от Солнца. Если эта солнечная батарея жестко связана с корпусом ИСЗ, то определенная его сторона должна все время освещаться солнечными лучами. Для этого надо запустить спутник на орбиту,

[1] Средний радиус Земли составляет 6372 км.

плоскость которой перпендикулярна солнечным лучам. Такой запуск можно осуществить лишь в определенное время суток, когда радиус, соединяющий точку старта с центром Земли, перпендикулярен солнечным лучам. Время года также надо учитывать при запуске спутника. Если спутник летает по упомянутой орбите, все равно в результате вращения Земли вокруг Солнца наступит момент, когда Земля скроет (экранирует) Солнце от спутника. Это обстоятельство тоже будет учитываться при запуске, с тем чтобы обеспечить ИСЗ наибольший срок для аккумулирования электрической энергии в таком количестве, чтобы ее запасов хватило на то время, когда Солнце будет скрыто от спутника.

Может возникнуть вопрос, по любой ли орбите, по нашему выбору, мы можем запустить спутник. Оказывается, что нет. Существует одно обязательное условие, заключающееся в том, что плоскость орбиты должна обязательно проходить через центр Земли.

Действительно, представим себе, что плоскость орбиты будет совпадать с плоскостью параллели, расположенной севернее экватора. В этом случае масса Земли, лежащая от этой плоскости к югу, будет больше, чем масса, лежащая от нее к северу, и, следовательно, сила ее притяжения будет также большей и будет стремиться сместить плоскость орбиты ИСЗ по направлению к экватору. Это будет продолжаться до тех пор, пока плоскость орбиты ИСЗ не совместится с плоскостью экватора, т. е. не придет в положение, когда силы притяжения южного и северного полушария уравновесятся.

Когда мы говорим, что «орбита ИСЗ проходит через полюса» или «будет лежать в плоскости экватора», то, строго говоря, это не совсем точно. Дело в том, что масса земного шара расположена неравномерно в отношении основных земных координат. Следовательно, в действительности нельзя утверждать, что массы северного и южного или западного и восточного полушария равны между собою, а потому и сила их притяжения будет неодинакова. Действительная плоскость орбиты с плоскостью экватора точно не совпадет, а совместится с плоскостью, разделяющей земной шар на две половины, имеющие равные массы.

Мы указывали выше, что центр тяжести Земли отстоит от ее геометрического центра примерно на 500 км.

По этой причине, а также из-за неравномерности распределения массы Земли орбита ИСЗ будет подвергаться в разные промежутки времени неодинаковой силе притяжения, и, следовательно, действительный путь спутника не будет представлять собой правильной окружности или эллипса и не будет даже лежать в какой-либо одной плоскости, а будет представлять собою кривую довольно сложной формы. Кроме того, по тем же причинам скорость спутника, оставаясь в среднем равной круговой скорости, на отдельных участках орбиты будет меняться, увеличиваясь или уменьшаясь.

Заканчивая рассказ об орбитах, заметим, что космический корабль, которому придана вторая космическая скорость, будет двигаться по параболе, а в том случае, если его скорость будет больше второй космической, он будет двигаться по гиперболе, уходя в обоих случаях за пределы земного притяжения.

2. Продолжительность существования ИСЗ

Интересно задаться теперь вопросом, какова же может быть продолжительность существования ИСЗ?

Если бы спутник находился в пространстве, абсолютно лишенном атмосферы, то он мог бы существовать так же долго, как существует, например, Луна, потому что не было бы причин, уменьшающих его скорость.

Но мы уже выяснили, что следы атмосферы можно обнаружить на очень больших высотах — даже на высоте 1000 км и выше. Конечно, воздействие такой атмосферы на скорость спутника будет очень мало, но оно все же имеется. Чем ближе к Земле будет проходить орбита спутника, тем скорее атмосфера затормозит его движение. ИСЗ начнет по спирали приближаться к Земле и в конце концов спустится на Землю с помощью парашютов или сгорит в плотных слоях атмосферы. Зато на более низких орбитах за спутником легче следить, проще может быть осуществлена передача полученных им данных или спасение кассет с результатами наблюдений.

Точный расчет продолжительности «жизни» спутника — дело весьма сложное. Несмотря на то, что уже существуют различные формулы и методы для таких расчетов, ученые получают несколько разноречивые результаты.

Рассмотрим некоторые наиболее достоверные из них.

В настоящее время в СССР разработан метод расчета времени существования спутника, позволяющий одновременно достаточно просто исследовать изменения параметров орбиты с течением времени.

Оказывается возможным установить существование универсального соотношения между скоростью изменения высоты апогея и перигея. Это соотношение определяется только параметром орбиты и распределением плоскости атмосферы по высоте и не зависит от весовых и аэродинамических характеристик спутника.

Указанные результаты позволяют составить простые таблицы для определения времени существования ИСЗ на орбите [1].

Время существования ИСЗ сильно зависит от плотности верхней атмосферы и определяется в основном плотностью в области перигея, будучи примерно обратно пропорциональной ей.

Первый советский искусственный спутник Земли весом 83,6 кг, запущенный на высоту до 950 км, просуществовал три месяца, совершая полный оборот вокруг Земли за 1 час 36,2 минуты. Второй советский искусственный спутник Земли весом 508 кг 300 г, запущенный на высоту около 1700 км, просуществует больше первого ИСЗ, совершая полный оборот вокруг Земли за 1 час 42 минуты.

Для сравнительно низкой орбиты, имеющей высоту перигея 200 км и высоту апогея 400 км, время «жизни» спутника оказывается порядка трех суток.

Таким образом, мы видим, что время «жизни» ИСЗ связано с высотой орбиты.

Расчеты показывают, что при неизменной высоте перигея можно за счет одного только изменения высоты апогея добиться существенного увеличения времени «жизни» ИСЗ. Так, например, для орбиты с высотой перигея 360 км и высотой апогея 700 км увеличение высоты апогея до 1000 км приводит к увеличению времени существования ИСЗ в 2,2 раза.

---

[1] Охацимский Д. Е., Энеев Т. М., Таратынова Г. П. Определение времени существования ИСЗ и исследование вековых возмущений его орбиты. Журнал «Успехи физических наук», сентябрь 1957 г., т. LXIII, вып. 1а и 1б, Гостехиздат, Москва, стр. 33—50.

При этом указанное возрастание может быть отмечено увеличением скорости в перигее всего на 78 м/сек. Полученный результат указывает на целесообразность использования при создании ИСЗ вытянутых орбит. Выгодность использования вытянутых орбит следует также и из того, что у них сильно уменьшается влияние ошибок в угле наклона вектора скорости на высоту перигея.

Это значит, что в реальном случае при наличии ошибки возможное снижение времени «жизни» ИСЗ для более вытянутых орбит будет меньше, чем для орбит, близких к круговым.

Эти данные ясно показывают, какое значительное влияние на срок существования спутника оказывает увеличение плотности атмосферы.

Первые американские спутники, которые будут запущены в течение Международного геофизического года, будут, как предполагают, существовать от нескольких недель до месяца.

Некоторые ученые, например Гэтленд, вообще считают, что спутники с таким ограниченным сроком пребывания на орбите следует считать полуспутниками. С точки зрения продолжительности наблюдений более целесообразно запустить ИСЗ на орбиту, отстоящую от Земли минимум на 900—1700 км, что и сделано в СССР.

3. Условия видимости ИСЗ

Многие задачи Международного геофизического года решаются путем наблюдения за первыми ИСЗ. Причем эти наблюдения ведутся с высокой точностью: ошибка наблюдений не должна превосходить нескольких единиц угловых секунд и тысячных долей секунды времени.

Считают, что наиболее точные методы наблюдения за ИСЗ являются фотографический и оптический. Но возник вопрос, будет ли вообще виден этот спутник, ведь это тело диаметром всего в 50—60 см, пролетающее от Земли на расстоянии порядка 320—1700 км.

Мнения ученых в отношении возможности наблюдения за полетом ИСЗ с Земли расходились. Немецкий специалист в области ракетной техники Сингер, например, считал, что спутник будет виден лишь в том случае, если из последней ступени ракеты будут выделяться пары натрия,

которые образуют светящееся облако размером в несколько километров.

Другие ученые считали, что такой спутник можно будет видеть даже невооруженным глазом, когда он будет освещен Солнцем, в то время как небо или атмосфера будут более или менее темными. Такие условия будут иметь место или перед восходом Солнца или после его захода. В этом случае ИСЗ будет обладать яркостью звезды пятой величины, еще видимой невооруженным глазом. Как уже отмечалось, видимость ИСЗ будет зависеть и от окраски его поверхности. В СССР для наблюдения за искусственными спутниками Земли и определения их траекторий Академия наук СССР создала 66 научных станций. Наблюдатели с помощью специальных астрономических трубок и сильных биноклей ведут систематические наблюдения, результаты которых немедленно передаются Астрономическому совету в Москве.

В газете «Правда» рассказывалось, как проходили наблюдения за ИСЗ в Москве в здании Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга. Открытая площадка оборудована на крыше.

Первый взгляд — на небо. Оно усыпано звездами, на нем во всем своем великолепии сверкает Луна. Астрономы довольны: небосвод почти чист. В московском небе можно будет без особых помех увидеть, как в сотнях километров от Земли пролетит ее искусственный спутник, созданный советскими людьми. Много раз он после запуска проходил над столицей в предрассветных сумерках. Московские радиолюбители явственно принимали сигналы, несущиеся из космического пространства. Но наблюдать «маленькую Луну» не удавалось: мешала плотная облачность, упорно не расходившаяся в районе Москвы.

Ночь на 11 октября 1957 г. зато выдалась на славу. Работники станции оптического наблюдения — одной из шестидесяти шести таких станций, оборудованных в Советском Союзе, — еще раз проверяют приборы и аппаратуру.

Начальник станции кандидат физико-математических наук Александр Сергеевич Шаров направляет луч карманного фонарика на хронометр. Остается семь минут до ожидаемого появления спутника. И вот слышна команда:

— Приступить к наблюдениям!

Шестнадцать наблюдателей, среди которых есть и сотрудники института, и студенты старших курсов Московского государственного университета, прильнули к астрономическим трубкам. Взор астрономов устремлен не вверх, в небо, а... вниз. Здесь следует объяснить некоторые особенности оборудования станции. Астрономические трубки, специально сконструированные для наблюдения за искусственным спутником Земли, имеют широкое поле зрения, позволяют видеть большой участок неба. Но объектив в трубке помещен внизу, а перед ним находится наклоненное под углом плоское зеркало, в котором и отражается звездное небо.

Астрономические трубки на крыше размещены перпендикулярно пути спутника на небосводе. Они образуют «оптический барьер»: цепь трубок представляет как бы единую полосу. Если не в одном, то в другом ее месте спутник обязательно попадет в поле зрения наблюдателей.

Есть на площадке и дополнительный «оптический барьер». Он установлен строго по меридиану. Словом, предусмотрено все, чтобы возможно точнее определить координаты спутника.

Все затихло на площадке. Приближается самый напряженный момент. Тишину внезапно нарушает звонкий голос:

— Вижу спутник!

Один за другим, как эхо, раздаются такие же возгласы.

— Есть! Есть! Есть! — это наблюдатели фиксировали пролет спутника через определенные участки неба. Одновременно наблюдатели нажимают клавиши, соединенные проводами с точнейшими печатными хронографами «службы времени» Института имени Штернберга. Ленты этих хронографов, стоящих в нижнем этаже здания, покрываются все большим количеством цифр.

Невооруженным глазом искусственный спутник Земли в эти минуты прохождения его над Москвой разглядеть не удалось. Он был виден через астрономические трубки как звезда четвертой — пятой величины.

Зато все москвичи щедро были вознаграждены великолепным зрелищем прохождения по небосводу ракеты, вознесшей спутник на невиданную высоту и сооб-

щившей ему скорость, в несколько раз превышающую скорость полета артиллерийского снаряда. Ракета-носитель, как известно, также обращалась в космическом пространстве вокруг Земли.

Как и было заранее вычислено, ракета-носитель появилась в северо-западной части неба. На дне воздушного океана, на Земле, еще царила ночь. А в верхних слоях атмосферы спутник и ракета-носитель были ярко залиты лучами Солнца. На посланце Страны Советов в космосе был уже день.

С гордостью и волнением, не отрывая глаз, следили советские люди за полетом ракеты-носителя. По яркости она, пожалуй, даже превосходит звезду первой величины. Она величаво проплыла под Полярной звездой... Вот пересекла ковш созвездия Большой Медведицы. С чем сравнить эту желтоватого цвета ослепительную точку на черном бархате неба? Со звездой? Но звезды никогда так быстро не перемещаются. Не похожа она ни на метеоры, ни на кометы, ни на падающую звезду... Нет, как и спутник Земли, это — совершенно новое небесное тело, которое никогда прежде людям наблюдать не приходилось.

Его видят по всей столице: в центре и на окраинах, в городах и селениях Подмосковья.

Многие тысячи москвичей в этот предрассветный час вышли на улицы, поднялись на крыши домов, чтобы наблюдать невиданное небесное явление. Люди бурно выражали свой восторг, свою гордость победой родной науки и техники, восхищались выдающимся творением разума, замечательным завоеванием миролюбивого советского народа.

...Около четырех минут была видна в московском небе проносящаяся на фоне мириад звезд светящаяся точка. Наблюдения на оптической станции Института имени Штернберга окончены. Они прошли удачно. Рассвет застал астрономов за обработкой результатов наблюдений. Они готовились к новым своим встречам со спутником Земли — в московском небе он появлялся еще много раз.

5 октября 1957 г. ровно в полночь первый искусственный спутник Земли пролетел над Алма-Атой. Его полет был виден даже невооруженным глазом. Вот что рассказал об этом научный сотрудник Института астрофизики Академии наук республики В. С. Матягин:

— Я находился в это время не на нашей горной обсерватории, а дома, в городе. Услышав по радио сообщение о примерном времени полета искусственного спутника Земли над Алма-Атой, я, несмотря на поздний час, вышел на улицу. Здесь уже было немало горожан, которые также ожидали появления спутника. К нашей огромной радости, мы в 23 часа 58 минут по местному времени видели высоко над хребтом Заилийского Ала-Тау неболь-

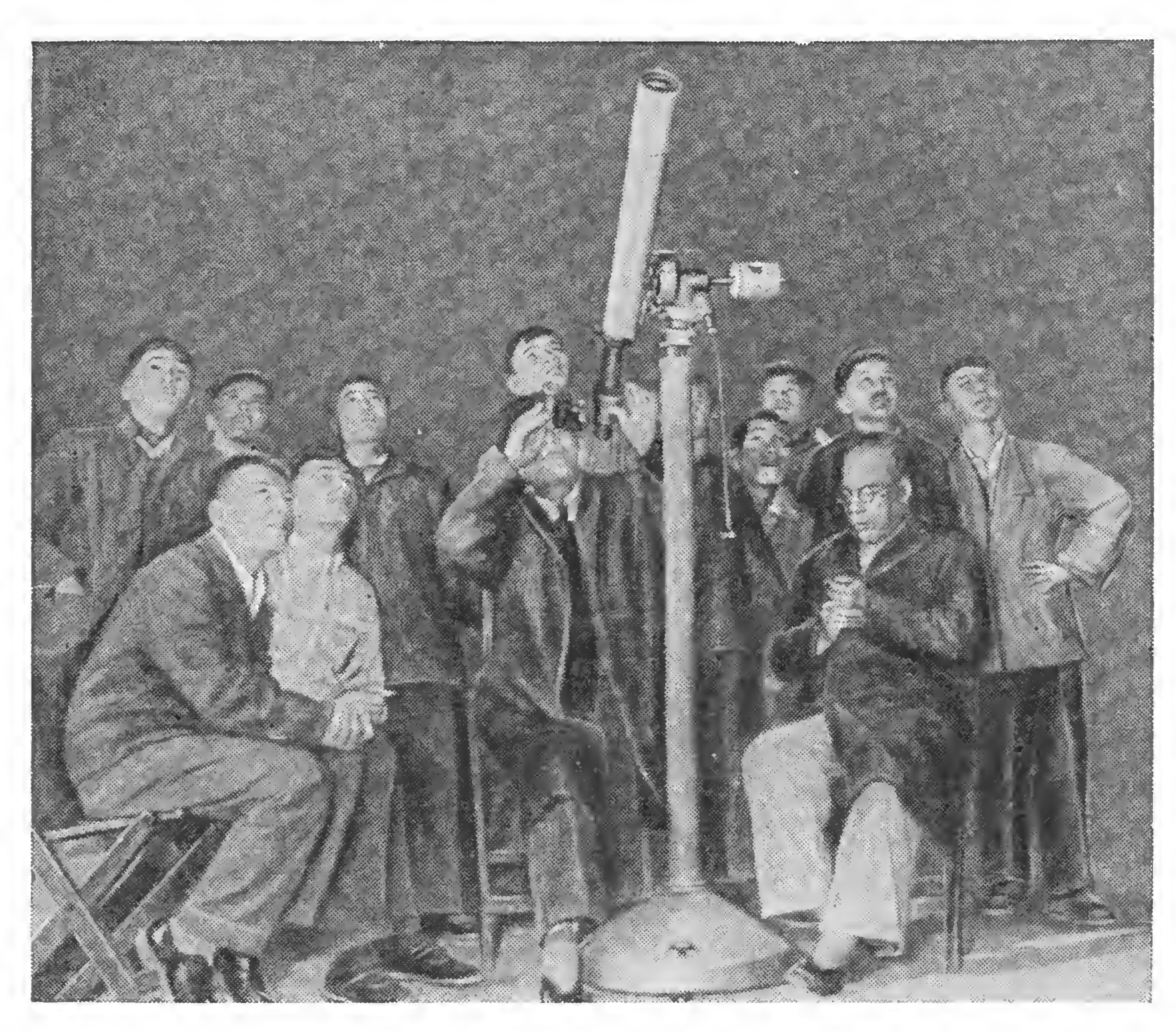


Рис. 57а. Китайские ученые ведут наблюдение за советским искусственным спутником Земли

шую красноватого цвета звездочку. Она двигалась с юга на северо-восток и, несмотря на то, что светила Луна, была отчетливо видна невооруженным глазом в течение семи минут. Затем она быстро скрылась.

Искусственный спутник Земли наблюдали многие жители, живущие в различных городах мира (рис. 57а).

Вследствие большой скорости вращения ИСЗ вокруг Земли, время, в течение которого можно вести наблю-

дения за ИСЗ с какой-либо определенной станции, чрезвычайно ограниченное. Оно, конечно, зависит от направления и высоты орбиты, но в среднем составляет всего несколько минут. Поэтому рассматривается вопрос о возможности создания искусственного свечения ИСЗ путем покрытия его люминесцентными составами. В этом случае яркость собственного свечения ИСЗ будет значительно уступать его яркости при освещении Солнцем, но такая мера может значительно увеличить продолжительность наблюдения за спутником. Исследовалась также возможность освещения ИСЗ с помощью мощных прожекторов. Однако эта задача благодаря значительным помехам со стороны атмосферы представляется весьма трудной.

4. Система наблюдения за ИСЗ

Сейчас установлено практически, что искусственные спутники можно наблюдать с Земли с помощью оптических приборов после захода Солнца или перед его восходом.

Для точного измерения положения спутников, например в США, создали сеть из 12—15 станций, оборудованных специальной фотографической и оптической аппаратурой. Так как первый спутник был запущен в нашей стране, а американцы запустили свой первый спутник только 31 января 1958 г., то все средства наблюдения за ИСЗ, предназначенные для своего спутника, использовались ими для слежения за полетом наших спутников.

Научно-исследовательской лабораторией военно-морских сил США была создана специальная машина, предназначенная для наблюдения за американским искусственным спутником. Сейчас машину используют для наблюдения и за «маленькой луной», созданной советскими учеными.

Полученные наблюдения машина наносит на картограмму.

На Аляске научные сотрудники геофизического института также ведут наблюдения за спутниками.

На рис. 57 б показан момент наблюдений за советскими спутниками в лаборатории геофизического института в Фэрбенксе на Аляске.

В США предполагали запустить спутник так, что

наклон его орбиты к экватору будет не больше 40°. Как известно, запуск спутника на такую орбиту — близкую к экватору, является более легкой задачей, чем та задача, которую решили при запуске первых советских спутников, так как при запуске ближе к экватору имеется возможность использования вращения Земли для разгона

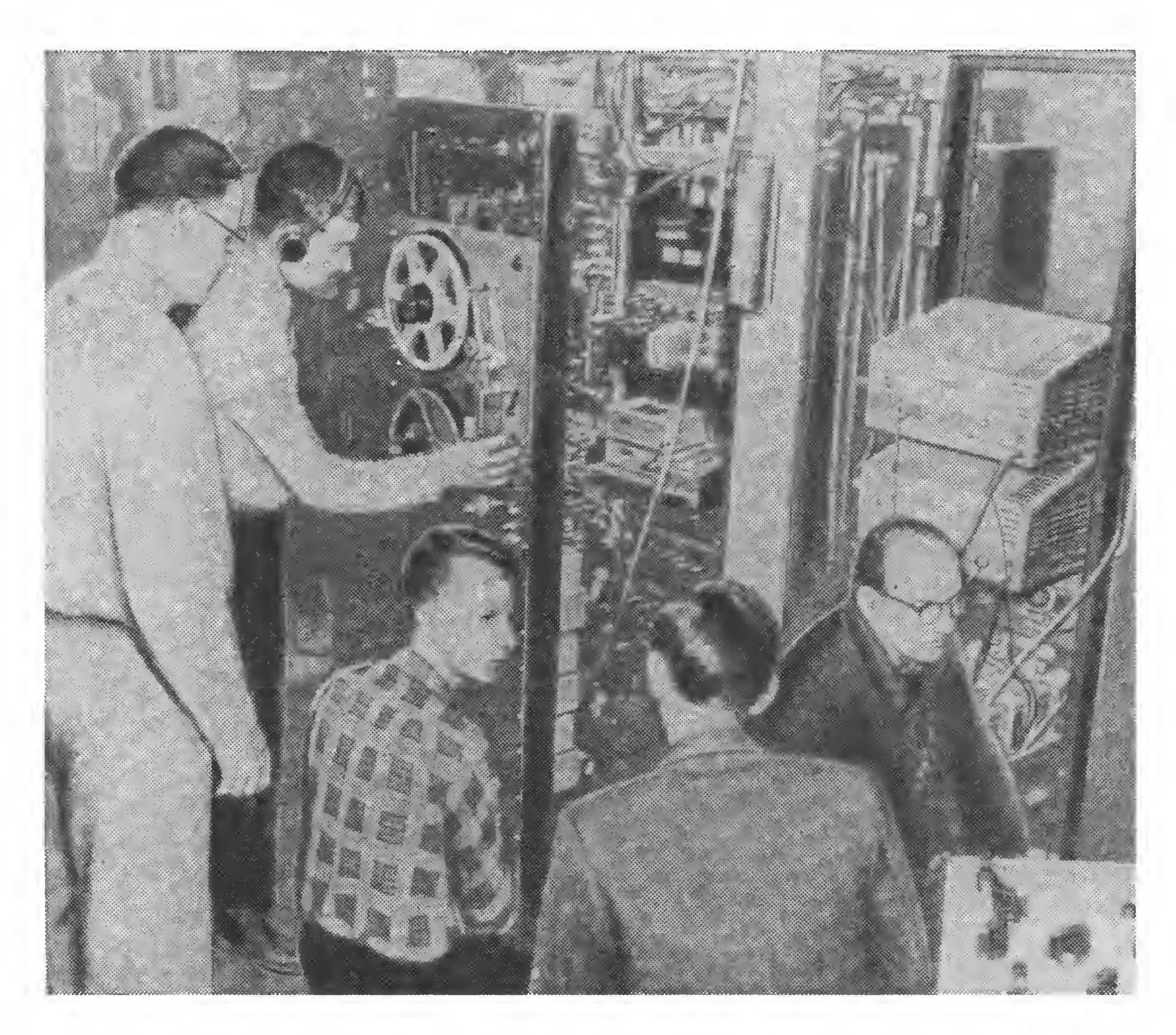


Рис. 57б. Американские ученые ведут наблюдение за советским искусственным спутником Земли

ракеты. Как только был запущен первый советский ИСЗ, американцы срочно передислоцировали цепь своих станций, расположенных ранее вокруг Земли на этих широтах. Ряд таких станций расположен вдоль 75 меридиана, потому что этот меридиан занимает большое место в планах работ Международного геофизического года. Фотографическая аппаратура, расположенная на этих станциях, обеспечит определение трех координат — широты, долготы и высоты полета спутника с точностью до 10 ÷ 15 метров.

Кроме того, в США была срочно создана сеть станций для визуального наблюдения за искусственными спутниками. Находящиеся на них наблюдатели снабжены оптической аппаратурой, и на них возложена ответственность за наблюдением сравнительно небольшой части неба. Эти станции будут в дальнейшем особенно полезны на последних стадиях существования спутников, когда они по спирали начнут приближаться к Земле, тем более, что радиосигналы с них прекратились вследствие разрядки источников электроэнергии. Для предварительного определения координат спутника необходима работа специального радиопередатчика, расположенного на нем. С его помощью в специальном вычислительном центре производились вычисления орбит спутника для каждого его прохождения в сумерки в поле зрения каждой станции. Этим станциям и наблюдателям сообщали положение спутника с точностью до одного градуса и время его появления с точностью до нескольких секунд. Такая точность нужна потому, что каждая станция имеет возможность наблюдать спутник не два раза в сутки (утром и вечером, как могло показаться с первого взгляда), а в течение одних утренних или одних вечерних сумерок примерно один раз в неделю. Это объясняется тем, что спутник с каждым новым оборотом вокруг Земли пролетает над новым местом на Земле и лишь примерно через неделю начнет пролетать над старыми местами.

На станции должны знать, в каком месте небосвода будет находиться спутник, для того чтобы успеть сделать точные замеры его положения. Эта задача является трудной вследствие большой скорости движения спутника (1000—5000 угловых секунд за секунду времени над всей территорией США, например, он пролетает за несколько минут и находится в зоне хорошего наблюдения только в течение одной — двух минут). Наблюдение за спутником с помощью мощных стационарных длиннофокусных телескопов бесполезно, так как изображение ИСЗ в поле их зрения будет перемещаться со скоростью $50 \div 30$ см/сек. Можно применять короткофокусные телескопы с фокусным расстоянием в $60 \div 90$ см, тогда изображение спутника перемещается со скоростью 1 см/сек, и за ним можно легко следить.

Для определения точного положения спутника используются известные стробоскопические методы фотографирования быстро движущихся объектов. Вследствие очень малой яркости спутника съемка его производится на фотопленку очень большой чувствительности, время экс-

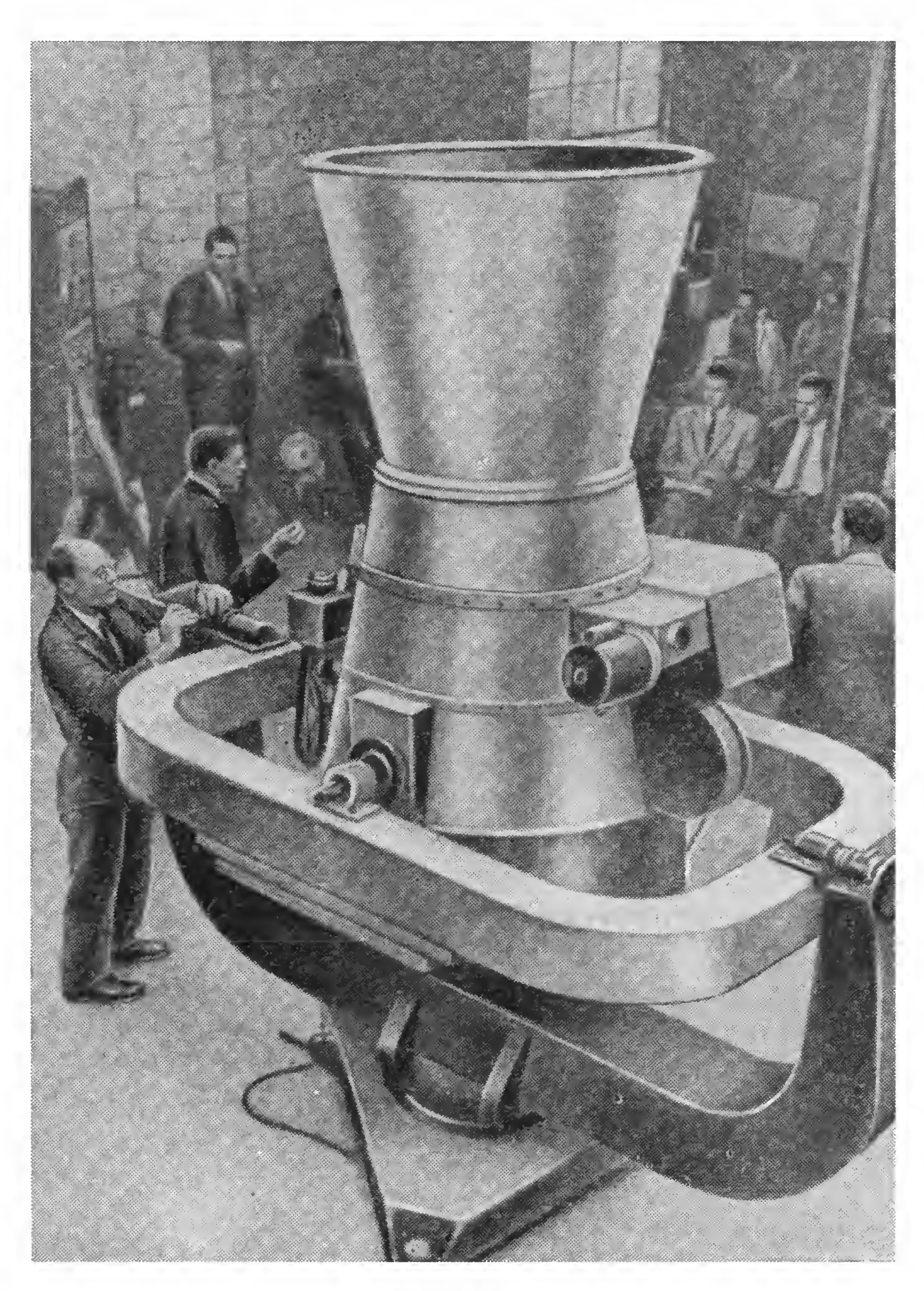


Рис. 57в. Фотокамера, сконструированная в США для фотографирования искусственных спутников Земли. Ее сооружение было ускорено в связи с запуском советского искусственного спутника Земли

позиции автоматически выдерживается тем меньшим, чем более светлые сумерки, для того чтобы избежать сколько-нибудь значительного вуалирования снимка. Фотокамера, сконструированная для фотографирования ИСЗ, показана на рис. 57 в. Фотографическая система имеет объектив со входным отверстием порядка 500 мм и фокусным расстоянием 100 ÷ 70 см. Применены два затвора: большой затвор, определяющий общее время экспозиции кадра, и вращающийся затвор, работающий, когда большой затвор находится в открытом состоянии. Вращающийся затвор прерывает экспозицию на промежутки времени около одной сотой секунды, поэтому на продолговатом изображении движущегося относительно звезд спутника появляются метки времени. Скорость вращения этого затвора согласовывается с ходом специальных особо точных кварцевых часов. Так как кварцевые часы измеряют время с точностью до тысячных долей секунды, то считают, что положение спутника определяется с точностью до 1—5 угловых секунд.

5. Радиопеленгация ИСЗ

Мы уже сказали, что для систем оптического наблюдения за спутником необходимо, чтобы наблюдателям были заранее сообщены его координаты и время появления. В СССР такие сообщения о полете первых в мире ИСЗ регулярно передавались по радио.

Для этой цели в различных странах мира и в СССР применяются специальные станции, входящие в общую систему радиотелеизмерений спутников, оборудованных радиопеленгаторными установками. Эти станции расположены так, что они могли по сигналам, принимаемым от радиопередатчика, установленного на ИСЗ, определять его координаты и пеленговать его. Передатчик первых советских спутников мощностью во много раз большей, чем предлагали установить американцы на своем «Авангарде», более недели непрерывно излучал электромагнитные колебания частотой 20,005 и 40,002 мегагерца (длина волны 15 и 7,5 м соответственно).

Принцип пеленгации состоит в том, что по разности фаз высокочастотных колебаний передатчика, принятых на Земле на две разнесенные на известное расстояние антенны, можно определить направление на передатчик и расстояние до него.

Для пояснения обратимся к рис. 58. Пусть верхняя синусоида, изображенная на нем, представляет высокочастотные колебания, принятые одной антенной, нижняя — другой. Так как антенны разнесены, то эти колебания перед тем, как попасть в антенны, проходят разный путь. Поэтому между ними имеется какая-то разность фаз Ф (расстояние во времени между началами синусоид, обозначенных О-I и О-II). Эту разность фаз мы можем измерить, но при этом мы не можем учесть разность в целое число периодов синусоиды, т. е. допускаем ошибку в $n \cdot 360°$, где n — целое число.

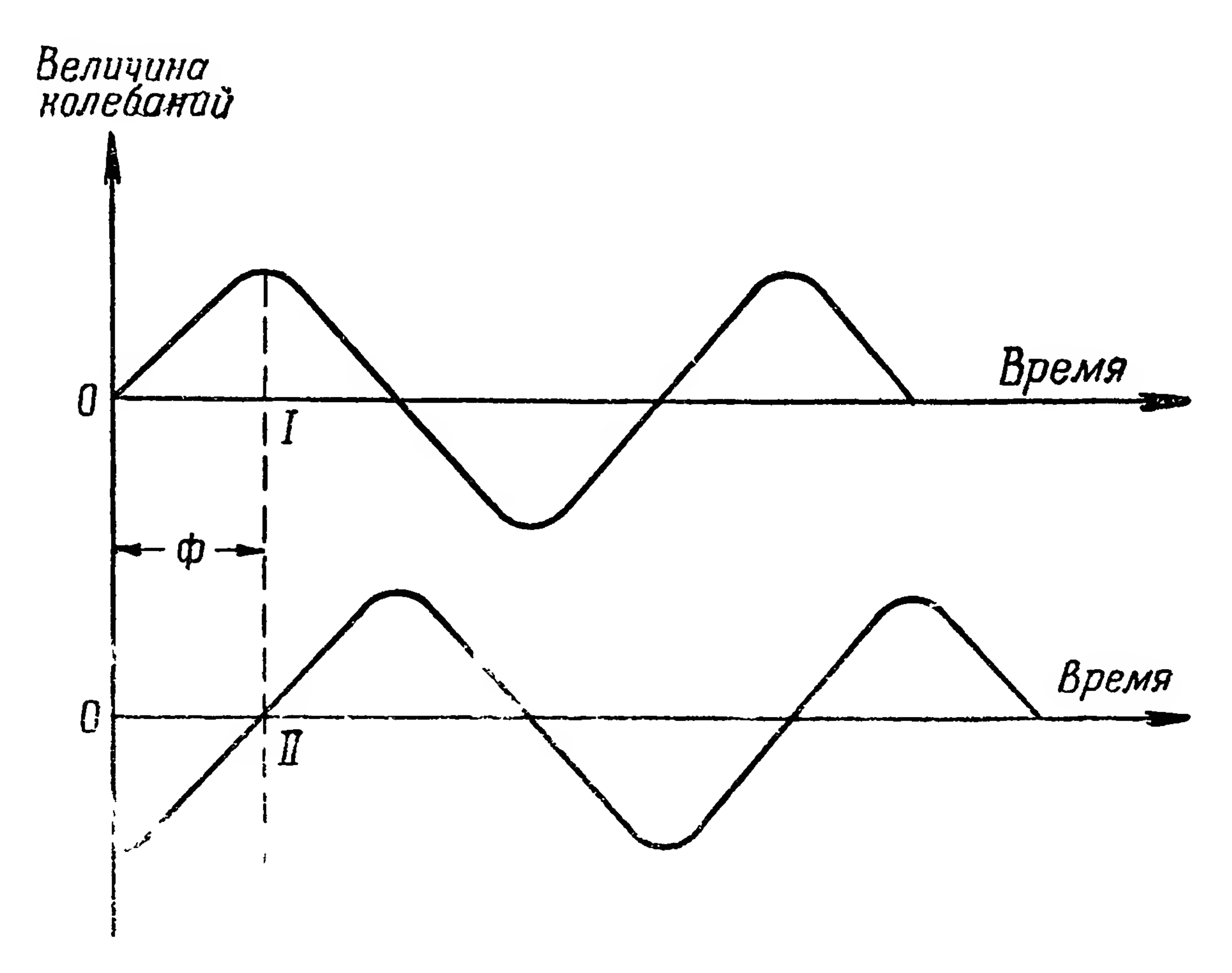


Рис. 58. Верхняя синусоида представляет высокочастотные колебания, принятые одной антенной, нижняя — другой антенной (Ф — разность фаз синусоид)

Из-за этой ошибки для одной измеренной разности фаз получается как бы много направлений на объект (ИСЗ), т. е. имеет место многозначность отсчета.

Для устранения многозначности отсчета направления, т. е. для выбора действительного направления на передатчик ИСЗ из многих возможных, в системе пеленгации необходимо иметь дополнительно еще одну или две антенны, что и применено, например, в наземной пеленгационной станции системы «Минитрек». В таких устройствах для определения координат спутника используют две системы приемных антенн, расположенных взаимно-

перпендикулярно, как показано на рис. 59, — основные и вспомогательные.

На этом рисунке основные антенны A_1 и A_2 разнесены в направлении запад—восток и служат для точного измерения направления на спутник — угол (α) в плоскости, проходящей через спутник и эти антенны. Вспомогательная антенна A_3 исключает многозначность этого измерения.

Антенны A_4, A_5, A_6 и A_7 разнесены в направлении север — юг, причем основные антенны A_4 и A_5 применяются для точного измерения направления на спутник угол (β) в плоскости, проходящей через эти антенны и спутник.

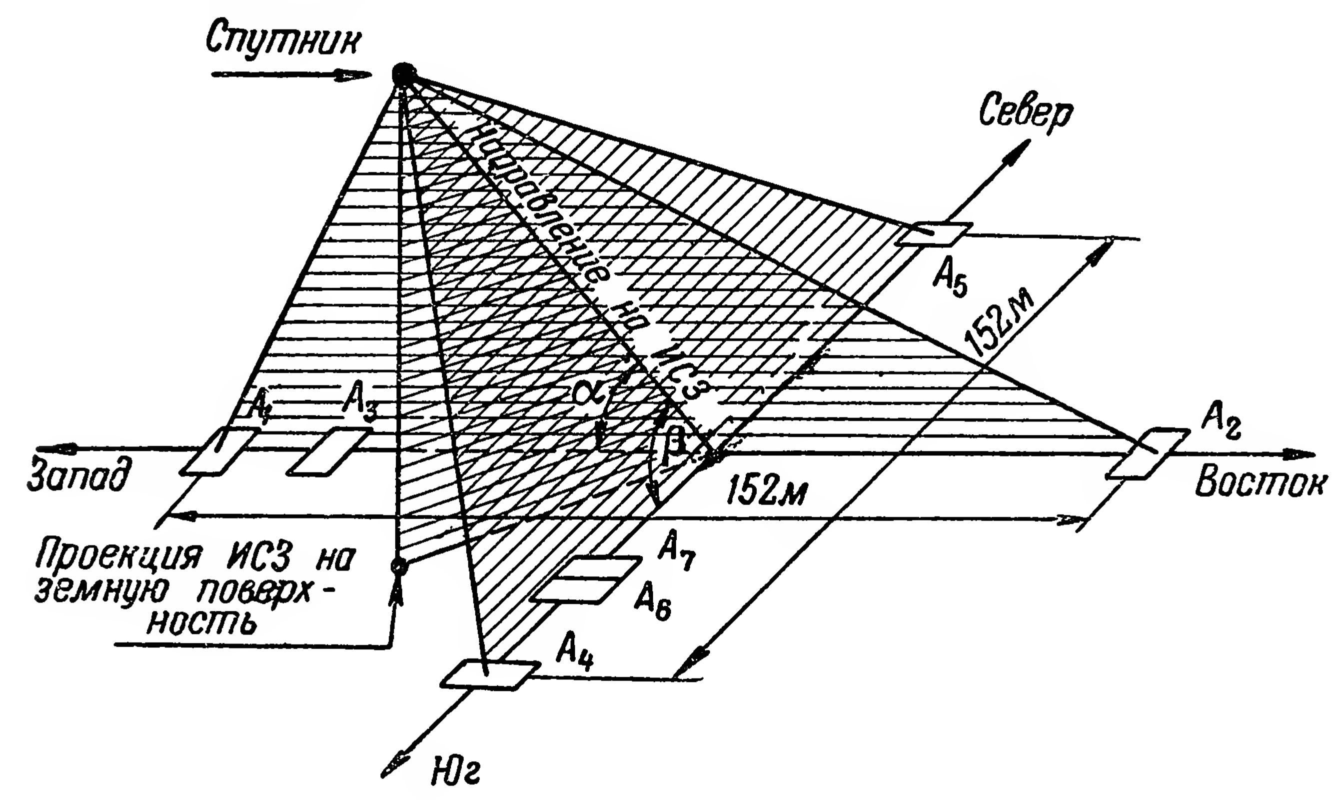


Рис. 59. Расположение антенн для радиопеленгации ИСЗ.

A_1, A_2, A_4 и A_5 — основные антенны для точного измерения направления на ИСЗ в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях; A_3, A_6 и A_7 — вспомогательные антенны, исключающие многозначность измерения; α и β — углы, определяющие местоположения ИСЗ

Две вспомогательные антенны A_6 и A_7 служат для исключения многозначности. Каждая из семи антенн выполнена в виде решетки размерами 1,5×15 м. Хотя при этой системе пеленгации требуются, как мы видим, громоздкие антенны и очень чувствительные приемники на Земле, но зато на спутнике необходим только простой и легкий передатчик.

Средства радиопеленгации позволяют следить за спутником в любое время суток и при любой погоде. Несмотря на помехи, вызываемые отражением сигналов, идущих от спутника, ионосферой, изучение данных радиопеленгации позволяет определить положение спутника на орбите

с точностью до 30—40 угловых секунд, что будет вполне достаточно для решения многих задач, перечисленных в начале книги. Эту точность можно повысить при увеличении числа станций. Дополнительные данные могут быть получены также от радиолюбителей, которые активно вели наблюдение за ИСЗ.

В СССР подготовленные ДОСААФ радиолюбители сами сконструировали и построили необходимую для этой цели аппаратуру или приняли участие в наблюдениях за первыми в мире искусственными спутниками Земли, внесли ценный вклад в это важнейшее научное предприятие.

Широкое развитие радиолюбительского спорта в СССР обеспечило нам наличие многочисленных кадров радионаблюдателей, работа их была организована и координирована в секции Астронавтики Центрального аэроклуба СССР.

Научные станции, астрономы и радиолюбители вели наблюдения за первыми советскими искусственными спутниками Земли. В адрес «Москва — Спутник» шли сообщения от радиолюбителей и астрономов.

Радионаблюдения за спутником показали, что мощность радиостанции спутника обеспечивала уверенный прием его на частоте 20 мегагерц в любое время суток на обычные приемники. Чувствительные приемники следили за сигналами спутника в течение 30—40 минут.

Уже сейчас можно заявить, что полученные научными станциями, астрономами и радиолюбителями данные имеют большую научную ценность. Измерения параметров движения спутников позволили точно вычислить основные элементы их орбиты и рассчитать движение спутников на много суток вперед.

Аппаратура искусственных спутников Земли функционировала нормально.

Глава VII

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕННЫХ УСЛОВИЙ НА ИСЗ[1]

С помощью автоматических разведчиков космоса будут изучены физические условия в верхних слоях атмосферы и космическом пространстве. После этого будут сооружены стационарные космические станции, и обитаемые межпланетные корабли отправятся к другим мирам. Рассмотрим сейчас вопрос о том, сможет ли человек перенести физиологические явления, возникающие во время полета на космическом корабле, пребывания на спутнике и последующего спуска на Землю. Расскажем также о различных инженерных проблемах, связанных с обеспечением жизненных условий на ИСЗ и космическом корабле.

1. Проблема создания герметизированной кабины

При рассмотрении возможности полета человека в космос первым вопросом, который возникает, будет тот же, который приходится решать и при проектировании самолетов, летающих в нижних слоях стратосферы. Известно, что уже на высоте 4 км человек начинает испытывать недостаток в кислороде, а подъем на высоту 7 ÷ 8 км без кислородных приборов опасен для жизни. Применение кислородных дыхательных приборов позволяет увеличить высоту подъема человека, однако уже на высоте 12 км не помогает даже вдыхание чистого кислорода, а на высотах выше 15 км вообще прекращается поступление кислорода в легкие.

[1] См. журнал «Вопросы ракетной техники» № 3 (39), 1957, стр. 111—114.

Для предотвращения этого явления, известного под названием «кислородного голодания», необходимо, чтобы в кабине самолета или ракеты было такое давление воздуха и такое парциальное давление кислорода, которое необходимо для нормального дыхания.

Кроме того, на высоте свыше 8 км в результате уменьшения давления воздуха у человека, не защищенного герметизированной кабиной, может возникнуть болезнь, называемая декомпрессионным расстройством. Причиной этой болезни является то обстоятельство, что при пониженном давлении растворенный в крови азот, переходя в газообразное состояние, может скапливаться в виде пузырьков внутри кровеносных сосудов, в полостях суставов и различных тканях.

Образование больших пузырьков газа внутри кровеносных сосудов вызывает их закупорку, в результате чего может наступить паралич организма и даже смерть.

Следует отметить, что при еще большем понижении давления, примерно на высоте 19 км, даже при нормальной температуре закипает жидкость, содержащаяся в организме человека. Это явление рядом авторов было проверено на животных, главным образом на собаках, которые подвергались внезапному понижению давления до определенной величины. Через 30—60 секунд при этом наблюдалось полное прекращение дыхания, а приблизительно через 2 минуты — полная остановка сердечной деятельности.

Следует отметить, что все эти явления в космосе, как предполагают, могут протекать в гораздо более резкой форме.

В авиации для предотвращения всех этих явлений высотные самолеты имеют герметизированные кабины, причем выделяемые при дыхании углекислота и водяной пар вентилируются в окружающее самолет пространство, а необходимый для дыхания воздух поступает из атмосферы, подвергаясь предварительному сжатию (компрессии).

Такой способ непригоден для ракет.

Дело в том, что на высотах более 24 км вследствие большой разреженности атмосферы компрессия воздуха чрезвычайно затруднительна.

К тому же если бы и были созданы компрессоры для больших высот, то при их работе температура в кабине

могла бы подняться выше 200° С; кроме того, на этих высотах в кабине может накопиться озон в концентрациях, вредных для человека.

Поэтому для полетов выше 24 км нужна кабина, которая была бы полностью изолирована от внешней среды. Ввиду последнего обстоятельства нужное давление в ней можно будет поддерживать только за счет тех запасов газа (преимущественно кислорода), которые будут находиться на борту ракеты в сжатом или в сжиженном состоянии. Выделяемые человеком углекислота и водяные пары будут в этом случае ликвидироваться с помощью химических поглотителей. Считают, что для уменьшения запасов воздуха на борту ракеты можно будет поддерживать общее давление внутри кабины на уровне примерно $^1/_2$ атмосферы за счет некоторого избытка кислорода, что необходимо для компенсации вредного воздействия, вызываемого пониженным давлением.

Уже имеются индикаторы, которые автоматически указывают содержание кислорода и углекислоты в атмосфере кабины, а также автоматическая аппаратура для поддержания заданного давления и состава атмосферы в кабине.

Естественно, что герметизированная кабина хороша еще и тем, что во время полета экипаж не будет ощущать резко изменяющегося давления атмосферы снаружи кабины.

При проектировании герметизированной кабины необходимо еще учитывать температурный фактор.

Во время полета, особенно в процессе прохождения через плотные слои атмосферы, стены кабины, а следовательно, и воздух самой кабины может значительно нагреваться. Несмотря на то, что отдельные частицы газов в верхнем слое ионосферы имеют температуру свыше 2000° С, они не нагреют ракеты, так как они слишком разрежены. Считают, что на высоте 560 км температура корпуса алюминиевой ракеты будет не более 27° С.

Температура ракеты в космосе будет определяться соотношением поглощенной тепловой энергии солнечных лучей и тепловой энергией, излучаемой самой ракетой. Известно, что черная поверхность сильно поглощает те-

пловые лучи, а белая и блестящая поверхность хорошо их отражает.

Используя это свойство, еще К. Э. Циолковский предложил[1] одну часть наружной поверхности ракеты окрашивать в черный цвет для усиления поглощения тепловых лучей солнечной радиации, другую же часть наружной поверхности для усиления их отражения сделать блестящей, светлой. Поворачивая ракету (или ИСЗ) относительно Солнца с помощью средств автоматики, можно поддерживать внутри ракеты или ИСЗ нужную температуру. Это очень важно, например, большинство полупроводниковых приборов не смогут работать при температуре свыше плюс 60°.

К этому способу поддержания нужной температуры прибегают и в настоящее время; в частности, он был проверен при запуске стратостата «Эксплорер II», гондола которого была окрашена таким способом. Температура в ней в течение 6 часов (днем) на высоте 22 км колебалась от +6,5° до —12° C[2].

По расчету известного немецкого ученого Г. Оберта[3] температура воздуха кабины космической ракеты (или ИСЗ) может быть регулируема путем обращения к Солнцу большей или меньшей части ее черной или светлой поверхности в пределах +29° до —12° C.

В кабине должны быть предусмотрены различные устройства, обеспечивающие сохранение жизни членов экипажа в случае возможной аварии.

Например, если в стенке кабины ИСЗ образуется пробоина таких размеров, что площадь в 1 кв. см будет приходиться на 1 куб. м объема кабины, то вакуум в ней наступит через 40 секунд после получения пробоины. На случай такой аварии предполагается иметь легкие аварийные астрокостюмы и аварийный запас кислорода, используя который можно было бы на время заделки пробоины поддержать в астрокостюмах необходимое давление.

---

[1] К. Э. Циолковский, Исследование мировых пространств реактивными приборами (переизданные работы 1903 и 1911 гг.), Калуга, 1926.

[2] H. C. Armstrong, Princip les and Practice of Aviation Medicine, 1952.

[3] Г. Оберт, Пути осуществления космических полетов, сокращ. перевод 3-го немецкого издания, Москва, Оборонгиз, 1948.

Предполагается также, что в особо серьезных случаях кабина сможет отделиться от ИСЗ и опуститься на Землю с помощью небольших тормозных ракет, а по достижении атмосферы — с помощью парашютов.

Уже при ракетных полетах производились опыты выбрасывания в герметизированных кабинах обезьян с высоты 160 км, а собак — с высоты 200 км и более.

2. Защита от ультрафиолетовых и космических лучей

Проблема дыхания и температурная проблема далеко не единственные, с которыми придется встретиться человеку в космосе.

Всем известно, что при неумеренном загорании в жаркие солнечные дни человек может настолько обгореть, что у него начнет слезать кожа, а иногда могут появиться и более серьезные ожоги тела. Они происходят в результате действия на кожные покровы ультрафиолетовых лучей, содержащихся в солнечном спектре. При этом следует иметь в виду, что существующий на высоте примерно 45 км слой озона сильно поглощает ультрафиолетовые лучи и поэтому воздействие их на человека, находящегося на Земле, значительно ослабляется. Если человек подвергнется их воздействию выше изолирующего слоя озона, то оно окажется чрезвычайно сильным. Однако защита против них в кабине ракеты не представляет особых трудностей: необходимо только, чтобы все стеклянные поверхности кабины, через которые может проникнуть солнечный свет, были изготовлены из состава, не пропускающего ультрафиолетовые и рентгеновские лучи. Стекло такого состава уже создано.

Гораздо большие трудности представляет собою защита от космических лучей. От них не вполне надежной защитой является даже слой свинца толщиной около метра. Тем не менее, ученые расходятся во мнениях в отношении вредности их действия на человеческий организм. Известно, что летчики, совершающие высотные полеты, проводят продолжительное время в среде, где космические излучения во много раз больше, чем на Земле, но до сих пор неизвестны случаи их вредного воздействия на человека. Необходимо отметить, что как природа космических лучей, так и их действие еще на-

столько мало изучены, что, очевидно, только второму советскому искусственному спутнику Земли удалось внести в этот вопрос какую-то ясность.

3. Перегрузки и невесомость

Существует еще одно затруднение, с которым придется столкнуться при осуществлении космических полетов и значение которого, между прочим, совсем недавно сильно преувеличивалось. Оно заключается в том, что при быстром нарастании скорости на первом участке полета ракеты, а также при быстром уменьшении скорости при возвращении на Землю экипаж ракеты будет испытывать значительные перегрузки, т. е. человек будет ощущать свой вес увеличенным в несколько раз. Мы уже знаем, почему необходимо такое быстрое нарастание скорости. Сейчас нас будет интересовать только перегрузка, возникающая при этом.

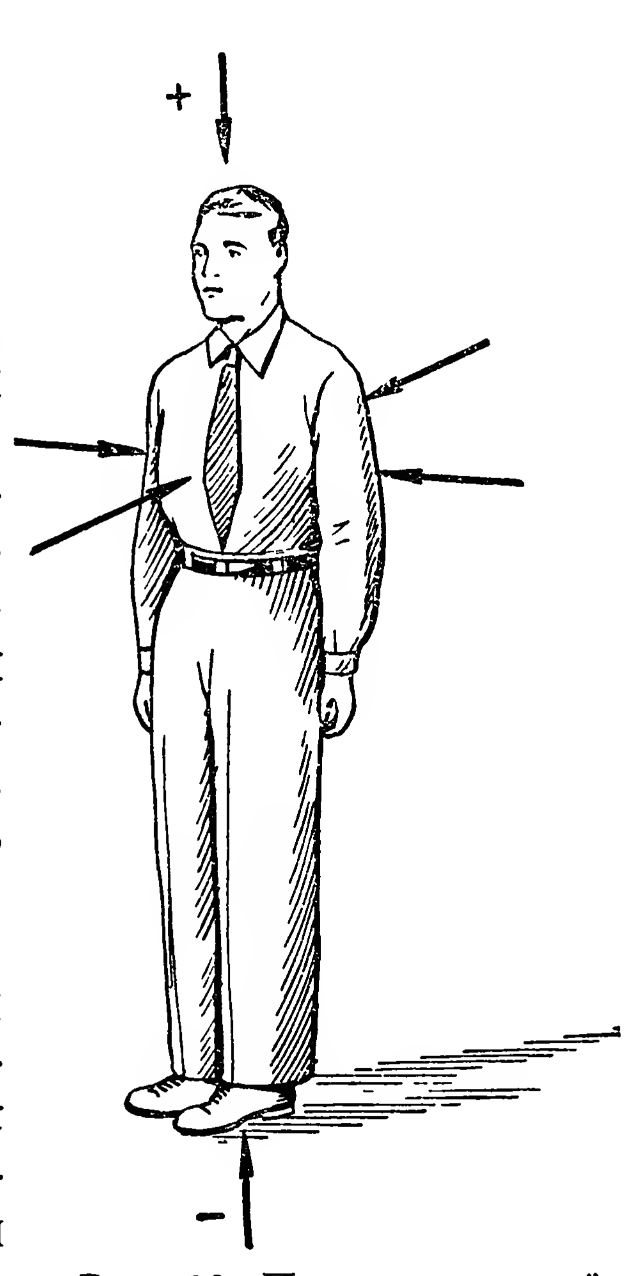


Рис. 60. Перегрузки, действующие на человека

Перегрузка — безразмерная величина, показывающая соотношение между приложенной к телу силой и его весом. В зависимости от направления действия перегрузки делят на положительные, направленные вниз, и отрицательные, направленные вверх.

Относительно человеческого организма различают перегрузки продольные, поперечные и боковые (рис. 60).

Продольные перегрузки имеют направление вдоль туловища. При действии от головы к ногам человека они называются положительными, а при действии от ног к голове — отрицательными.

Отрицательные перегрузки человеком переносятся тяжелее, чем положительные.

Условились считать, что тело, находящееся в покое, подвергается перегрузке, равной единице. Из этого усло-

вия следует, что при нулевой перегрузке вес тела отсутствует.

Человек может переносить непродолжительное время трехкратную отрицательную перегрузку. При этом он ощущает прилив крови к голове, пульсацию в височных артериях и сильное напряжение кожи головы.

При четырех — пятикратных отрицательных перегрузках состояние человека становится весьма напряженным. Появляется острая режущая боль в висках, переполнение кровеносных сосудов лица и головы кровью вызывает кровотечение из носа.

При увеличении времени действия отрицательной перегрузки появляется нарушение зрения, и человек теряет сознание.

Действие положительных продольных нагрузок тоже вызывает нарушение в организме человека, но после их прекращения человек быстрее приходит в нормальное состояние, чем после отрицательных перегрузок. При четырех — пятикратной перегрузке становится трудно удержать голову в нужном положении, отвисают щеки и губы, отвисает нижняя челюсть, нарушается дыхание, крайне затрудняются движения руками, смещаются внутренние органы, что вызывает болезненные ощущения в организме.

Человек не в состоянии перенести действие очень больших положительных перегрузок, так как при этом недостаточно поступление крови к головному мозгу, возникает учащенное сердцебиение и т. д.

Продолжительная четырех — пятикратная перегрузка начнет вызывать потерю зрения и нарушение высшей нервной деятельности, а именно, замедляется сообразительность, снижается внимательность.

Дальнейшее увеличение величины или продолжительности положительной продольной перегрузки может привести к полной потере сознания.

Поперечные перегрузки человеческим организмом переносятся легче, чем продольные, как по величине, так и по продолжительности. Кровообращение не нарушается при значительных поперечных перегрузках. А при кратковременности действия перегрузки могут возрастать до более высоких значений. Частично это объясняется тем, что в человеческом организме не происходит значительных смещений внутренних органов, а кровеносные

сосуды в основном расположены вдоль человеческого тела, поэтому особенного влияния на кровообращение поперечные перегрузки не имеют. Они в основном влияют на дыхание, затрудняя его при слишком больших значениях перегрузок.

В человеческом организме для регулирования кровообращения имеются особые нервные «механизмы», которые включаются в действие при нарушении кровообращения под влиянием перегрузок. Этими «механизмами» руководит центральная нервная система. Таких элементарных «механизмов» в кровеносной системе человека имеется большое количество, и все они в момент нарушения кровообращения при перегрузках будут поддерживать необходимое давление крови в сосудах.

В настоящее время ученые считают, что на начальном участке полета, когда ускорение ракеты будет наибольшим, человек будет чувствовать себя так, как если бы его вес увеличился в 4 раза. На дальнейших участках полета перегрузка значительно снизится и будет соответствовать примерно двойному человеческому весу. Хотя управление на первом участке полета будет осуществляться автоматически и, следовательно, экипажу не придется выполнять какие-либо задачи, связанные с управлением ракеты, все же возможно, что необходимые приборы и средства управления будут располагаться внутри кабины наиболее удобно для использования человеком, находящимся в лежачем положении. Ибо, как показали опыты научно-исследовательских клиник и лабораторий, в этом положении способность переносить ускорения у человека наилучшая (рис. 61).

Для того чтобы человек, подвергающийся перегрузкам, мог легко их переносить, он должен проходить длительную тренировку на специальных устройствах, искусственно создающих эти перегрузки.

Такими устройствами типа карусели пользуются летчики, и ими же будут пользоваться будущие астронавты.

Когда искусственный спутник или ракета достигнет скорости 7,9 км/сек, при которой центробежные силы уравновесят силы земного притяжения, в кабине наступает состояние невесомости.

Если в земных условиях воспроизвести явление перегрузки можно довольно просто, то воспроизвести невесомость можно только кратковременно, например, при паде-

нии лифта и т. п. Поэтому изучение влияния невесомости в земных условиях весьма затруднительно вследствие кратковременности ее действия. При полетах первых ИСЗ будет изучаться сперва на животных, а затем и на человеке длительное влияние невесомости на деятельность организма. Но уже сейчас в этом отношении можно сделать некоторые предположения.

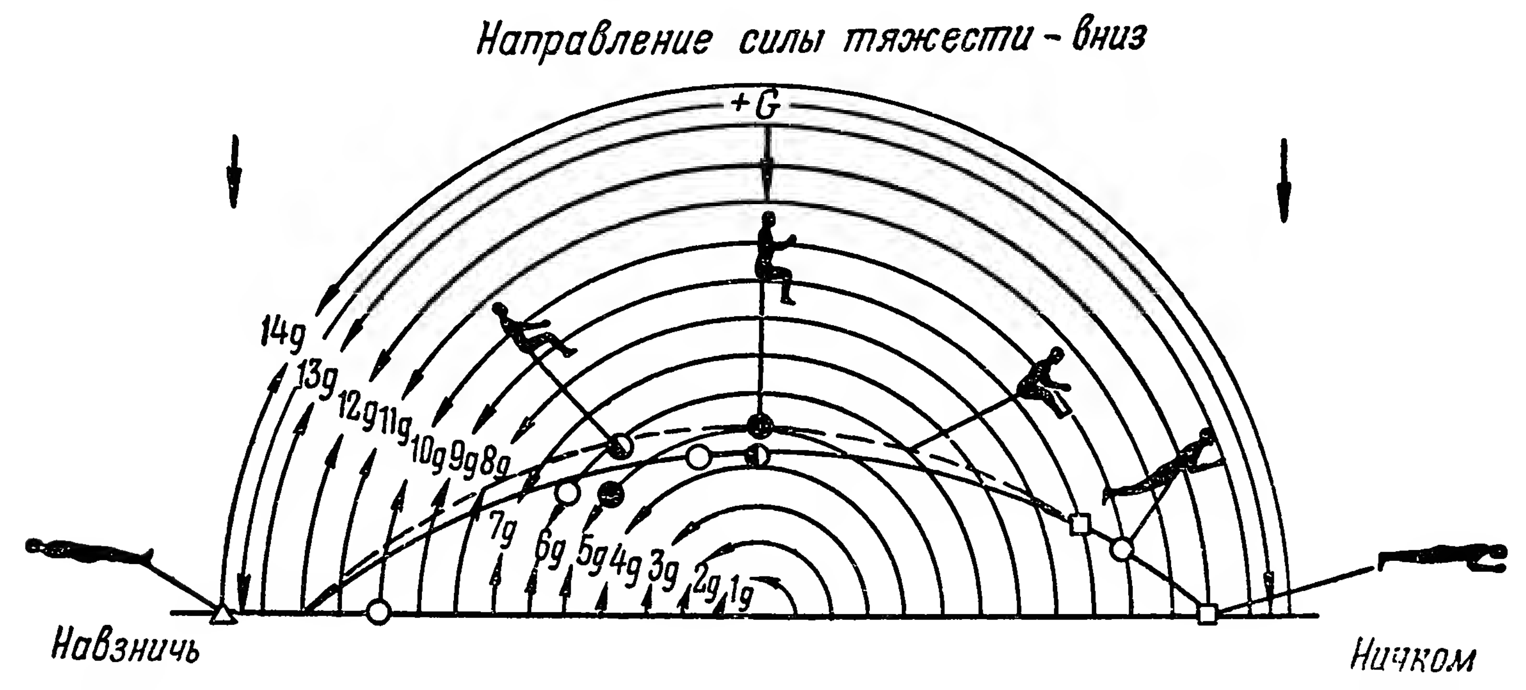


Рис. 61. Способность человека переносить ускорения в зависимости от положения его тела:

○ — клиника Мэйо; ● — английские данные; △ — немецкие данные; □ — данные США; *g* — ускорение силы тяжести; *G* — вес

Во многих случаях наше тело оказывается безразличным к направлению силы тяжести. Мы можем есть, дышать, разговаривать, думать, пользоваться нашими руками с одинаковым успехом как в положении стоя, так и в лежачем положении. Факты показывают, что воздействие силы тяжести не помогает и не мешает осуществлению большинства процессов, проходящих в человеческом организме. Известно, например, что некоторым инвалидам приходилось годами жить в лежачем положении, не ощущая при этом особых затруднений от воздействия силы тяжести. С точки зрения медиков, единственный механизм, на который в значительной степени будет действовать состояние невесомости, — это механизм равновесия внутреннего уха. Однако известно, что люди, у которых по тем или иным причинам этот механизм пришел в расстройство, все же ориентируются даже под водой. Это объясняется тем, что зрение в большей степени компенсирует недостатки этого органа. Некоторые ученые считают, что в результате длительного воздействия невесомости

может возникнуть постепенное ослабление нервной регуляции кровообращения, возникающее вследствие физической бездеятельности и расслабления мускулатуры. Может оказаться, что более важным будет не физиологический, а психологический эффект, поэтому кабину, возможно, придется конструировать таким образом, чтобы в ней условно существовал «верх» и «низ». Может оказаться также, что людям, совершившим длительное межпланетное путешествие, придется снова привыкать к земным условиям существования. Внутри кабины нельзя будет ходить, так как будет отсутствовать давление ступни на пол и поэтому не будет существовать сил трения, которые нужны для передвижения. Движение будет осуществляться путем подтягивания к закрепленным деталям кабины. Особое неудобство будет ощущаться при обращении с жидкостями. Их нельзя будет переливать привычным нам способом, а придется эту операцию проводить принудительным путем, используя насосы или резиновые груши. Даже умываться можно будет только с помощью губки, смоченной в воде. Такие процессы, как горение, не будут протекать обычным путем: к пламени горелки нужно будет подводить непрерывную струю кислорода, так как продукты сгорания, скапливаясь вокруг пламени, могут заглушить его. Пища должна будет вариться во вращающихся кастрюлях, чтобы их содержимое прижималось к стенкам под воздействием центробежной силы. Некоторые ученые считают, что люди, совершающие межпланетные путешествия или длительные полеты в ИСЗ, могут питаться таблетками, в которых будут сосредоточены необходимые для жизни человека питательные вещества. Но исследования показывают, что при таком питании человек длительное время существовать не может, так как для правильной работы органов пищеварения необходимо, чтобы, помимо питательных веществ, человек получал известное минимальное по массе и объему количество пищи.

Для облегчения существования человека внутри кабины предполагается создать в ней искусственную силу тяжести. Это возможно осуществить путем придания ракете или спутнику вращательного движения (рис. 62), причем возникающие при этом центробежные силы создадут внутри кабины ощущение весомости. Другие ученые

для той же цели предполагают использовать магнитные настилы и соответствующую обувь. Однако такой способ дает только частичное решение задачи — облегчение способов движения человека внутри кабины. Условие невесомости сохраняется для всех немагнитных тел (жидкостей, продуктов питания, одежды и т. п.), и все неудобства, возникающие вследствие невесомости, сохраняются.

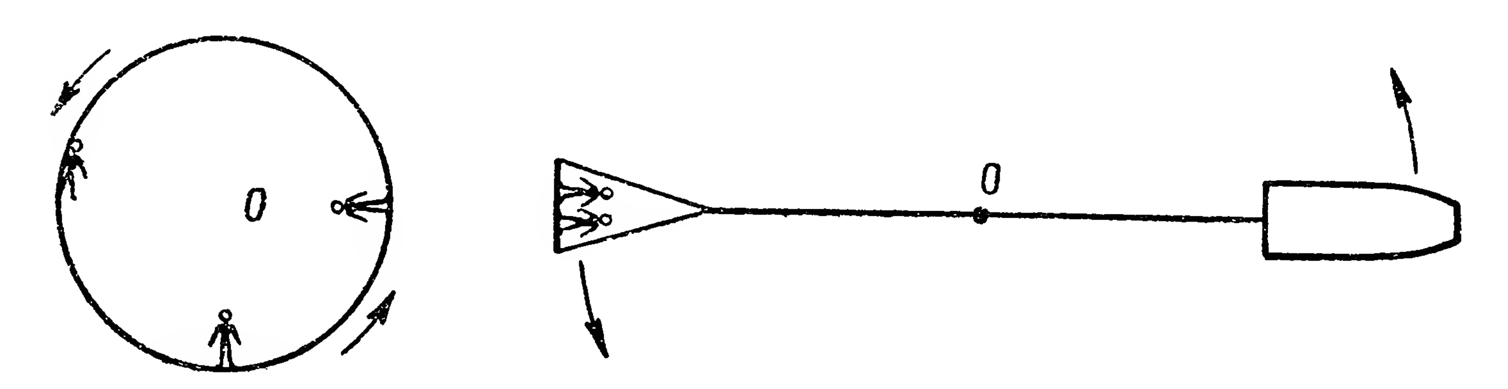


Рис. 62. Получение искусственной силы тяжести: *О* — центр вращения

Уже были проведены многочисленные опыты над обезьянами и собаками, которые поднимались на высотных ракетах и находились довольно длительное время в условиях невесомости. На высоту свыше 80 км поднимали морфинированных обезьян в США. Их фотоснимки помещались в различных заграничных и наших газетах и журналах. Эти опыты не всегда были удачными, лишь одна из многих обезьян осталась жива.

Не раз уже в верхние слои атмосферы поднимали и мышей.

На проходившей в декабре 1956 г. Парижской международной конференции по ракетам и управляемым снарядам сенсационным известием явились доклады советских ученых о благополучном подъеме на высоту свыше 110—200 км и выше неморфинированных собак, которые и поныне живут и превосходно себя чувствуют. Фотография одной из них показана на рис. 63. В газете «Труд» (16 февраля 1957 г.) сообщалось, что при подъеме двенадцати собак на 110 км ни одна из них не погибла и что впервые был снят научно-документальный фильм, показывающий поведение этих первых путешественников в космос в условиях невесомости и безвоздушном пространстве. Вот что рассказывает советский ученый А. В. Покровский, руководивший этими замечательными опытами:

«...За пять минут до восхода солнца в стратосферу взвилась сигарообразная серебристая ракета. В ее головной части был устроен негерметичный отсек, в котором находились катапультные тележки. К тележкам были прикреплены специальные скафандры — приборы кислородного питания, содержащие 900 л кислорода, парашютная система и аппаратура для регистрации физиологических функций в полете.

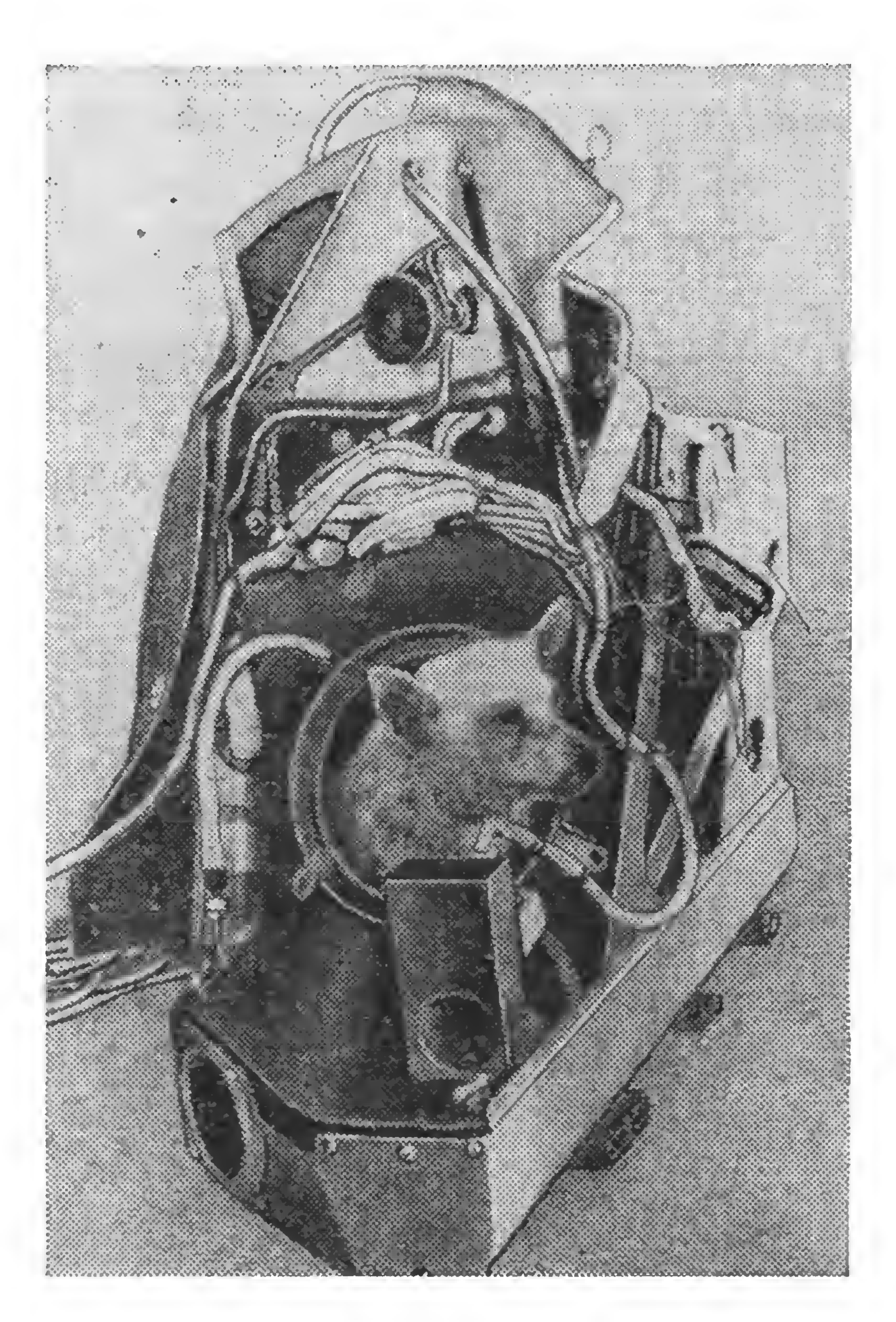


Рис. 63. Фотография собаки с подъемной тележкой, поднятой советскими учеными на высоту 110 км и благополучно возвратившейся на Землю

Катапультная тележка весила 70 кг, а парашютная система обеспечивала вертикальную скорость при приземлении около 6 м/сек. Исследовательская высотная ракета быстро достигла высоты 110 км, где ее головная часть отделилась от корпуса, и началось свободное падение. На высоте 80—90 км со скоростью примерно 700 м/сек произошло катапультирование первой тележки. Через три секунды после этого сработала парашютная система, и с высоты 75—85 км животные в течение часа опускались на землю...».

Начиная с 1951 года советские ученые организовали большое количество подобных полетов ракет с целью исследования особенностей высоких слоев атмосферы и их влияния на живые организмы.

Эти опыты являются большим достижением в области решения многочисленных сложных биологических проблем, успешное разрешение которых приближает возможность полета человека в космическое пространство.

Произведенный 3 ноября 1957 года запуск второго искусственного спутника Земли в Советском Союзе является показателем новых крупных побед науки и техники в СССР. Этот спутник отличается от первого главным образом тем, что в нем имеется более сложная аппаратура, а также герметический контейнер с подопытным животным — собакой. Контейнер снабжен системой кондиционирования воздуха, запасом пищи и приборами для изучения жизнедеятельности в условиях космического пространства.

Нет сомнения в том, что по мере накопления научных данных, а также после запуска второго искусственного спутника с находящимся на нем животным мы ближе подошли к осуществлению полета человека в космос.

Влияние невесомости, первичной космической радиации, корпускулярного, ультрафиолетового излучений Солнца в медико-биологическом отношении практически изучено весьма мало. Выяснение их биологического действия, а также, возможно, и других еще недостаточно известных нам факторов можно осуществить лишь при длительном полете в верхних слоях атмосферы.

Проведение такого рода исследований требует преодоления весьма существенных трудностей конструктивного и методического характера. Вся аппаратура в этих случаях должна работать автономно в течение длительного времени, автоматически обеспечивать регистрацию необходимых показателей, обладать высокой устойчивостью к действию перегрузок, вибраций, колебаний давления и температуры. В то же время она должна иметь минимальные габариты, вес и экономно расходовать электроэнергию.

Не меньшие трудности возникают при создании животным условий, необходимых для жизни в полете. Так, например, хорошо разработанные и обычно применяемые системы регенерации воздуха в герметических кабинах в силу своей громоздкости и большого веса оказываются непригодными.

Потребовалось создание иных, более эффективных систем. Очевидно, что система вентиляции должна быть принудительной, так как состояние невесомости исключает обычный для условий Земли воздухообмен. Вследствие этого определенные особенности будут иметь те-

плообмен в кабине и защита животного от значительных колебаний температуры.

Потребовалась разработка способа обеспечения животного водой или жидкой пищей, так как в условиях невесомости жидкость, находящаяся в свободном состоянии, может рассредоточиться по всей кабине.

Даже этого далеко не полного перечня проблем достаточно для того, чтобы получить представление о разнообразии и известной сложности задач, выдвигаемых специфическими условиями эксперимента.

Нужно было разработать целую систему довольно сложного автоматического оборудования, способного обеспечить поддержание жизненных условий животного. При этом используется научная аппаратура, предназначенная для исследования ряда основных физиологических функций животного, а также гигиенических условий в кабине. Естественно, потребовались предварительная подготовка животного к длительному фиксированному пребыванию в герметической кабине и выработка у него необходимых для осуществления эксперимента положительных условнорефлекторных связей.

Наблюдения за поведением животного на втором спутнике дали возможность выяснить влияние на организм таких факторов, которые не могли быть изучены в лабораторных условиях или высотных полетах на самолетах или ракетах.

Для обеспечения полета живых организмов на спутниках необходимо было решить ряд специальных медико-биологических и технических проблем, каждая из которых сама по себе имеет важное теоретическое и практическое значение.

Совершенно естественно, что первым «пассажиром» спутника оказалось теплокровное животное — собака, нормальная физиология которой обстоятельно изучена. Собаки хорошо поддаются тренировке к необычным условиям полета, и данные, которые будут получены о животном во втором спутнике, послужат материалом для широкого научного анализа. На рисунке в приложении показана собака «Лайка» в герметической кабине перед установкой кабины на второй советский ИСЗ.

Возможно, что для выяснения специальных вопросов потребуется использование человекообразных обезьян, грызунов, моллюсков и насекомых. В последнем случае

представятся удобные возможности для проведения генетических исследований.

Само собой разумеется, что выполнение столь обширной программы научных работ по подготовке к запуску искусственного спутника с животным потребовало значительных усилий больших научных коллективов советских ученых. Можно предвидеть, что полученные при этом данные позволят глубже, полнее и всесторонне изучить условия полета в космос, с тем чтобы осуществить космические полеты человека.

4. Астрокостюм

В космических путешествиях человеку потребуется особый костюм, который должен быть герметизирован, не стеснять движения и обеспечивать нормальное дыхание. Каждому астронавту нужно несколько костюмов.

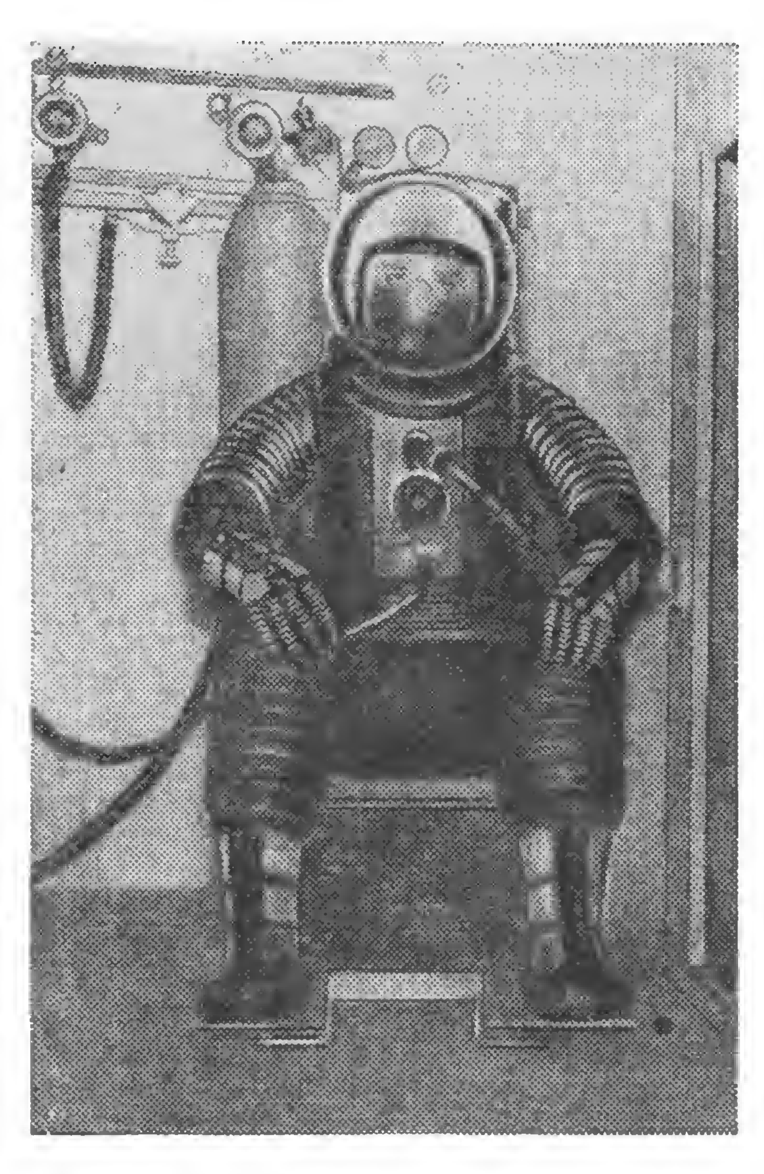


Рис. 64. Тяжелый астрокостюм, рассчитанный на большие перегрузки

Во-первых, костюм, в котором он будет находиться во время вылета ракеты с земли в космос. Этот костюм должен избавить человека от возникающих перегрузок. На рис. 64 показан подобный костюм.

Во-вторых, костюм для передвижения в ракете. Так как кабина ракеты герметизирована и в ней осуществляется автоматическая подача воздуха, то громоздкий костюм астронавту не обязателен. Он может быть одет в легкий, так называемый перегрузочный костюм. В этом костюме поступающий из баллончика, находящегося на поясе астронавта, сжатый воздух создает искусственное давление на организм. Это способствует повышению кровяного давления в организме человека, что крайне необходимо для его существования.

И, в-третьих, астронавту нужен такой костюм, в котором он смог бы выходить в космическое пространство. Этот костюм типа скафандра должен быть обязательно герметизирован, иметь индивидуальный аппарат, обеспечивающий нормальное дыхание и сохраняющий нужную температуру внутри костюма. Костюм не должен стеснять астронавта в движениях.

Разрешение всех вопросов обеспечения жизненных условий для человека в ракете и на ИСЗ потребует значительной по объему и длительности научно-исследовательской работы. Опыт по созданию герметических кабин, скафандров и перегрузочных костюмов для высотных самолетов со сверхзвуковыми скоростями, медико-биологические проблемы, решенные при запуске второго советского искусственного спутника Земли, являются первыми предварительными шагами в освоении космоса человеком. Существующий уровень техники и накопленные запасы знаний позволяют с полной уверенностью утверждать, что создание стационарных обитаемых ИСЗ и межпланетных ракет является вполне реальной задачей очередных 2—3 пятилетий.

Глава VIII

ПРОБЛЕМА ВОЗВРАЩЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА НА ЗЕМЛЮ

1. Два способа торможения

Проблема возвращения космического корабля или ИСЗ на Землю является весьма сложной. Сейчас для торможения космических ракет ученые видят две возможности: использование атмосферы как сопротивляющейся среды и ракетных двигателей. При реализации воздушного торможения ИСЗ придают форму ракеты. Процесс торможения происходит следующим образом.

При входе ИСЗ в верхние слои атмосферы его скорость уменьшится, но он вследствие особой аэродинамической формы снова подскочит рикошетом обратно в космос так же, как подпрыгивает камень при соприкосновении с водой, если его запустить приблизительно параллельно ее поверхности.

После этого спутник снова коснется атмосферы, но он будет иметь уже меньшую скорость. Поэтому ИСЗ войдет в атмосферу несколько глубже, чем в первый раз, и скорость его еще более замедлится. Наконец, после того как этот процесс повторится несколько раз, ИСЗ значительно уменьшит свою скорость. С этого момента он будет осуществлять спуск при еще достаточно высоких скоростях, но уже на специально предусмотренных выдвижных крыльях и плоскостях для планирования.

Для реализации второго способа торможения ИСЗ должен иметь автоматически управляемый в полете ракетный двигатель. Для осуществления торможения реак-

ция двигателя должна быть направлена в сторону, противоположную движению ИСЗ.

В этом положении скорость ИСЗ будет уменьшаться, и ее можно будет регулировать при помощи изменения тяги ракетного двигателя. Другими словами, спуск ИСЗ в этом случае будет носить характер, обратный его подъему. Большое значение для спуска на Землю будет иметь точнейшее определение расстояния до места приземления. Для этого будут использоваться самые совершенные радиолокационные приборы или автономные средства ориентировки, имеющиеся на ИСЗ. Самые спуск и маневрирование будут проходить под контролем автоматических систем управления. Следует заметить, что если ракета будет использовать атомный двигатель, то для приземления она должна будет иметь вспомогательные реактивные двигатели, работающие на обычном топливе, так как в противном случае место спуска ракеты окажется зараженным радиоактивными веществами.

Оценивая два описанных метода спуска — с помощью воздушного торможения и ракетного торможения, следует сказать, что первый из них является более простым в смысле технического осуществления, но обладает тем существенным недостатком, что чрезвычайно трудно рассчитать место приземления.

Второй способ технически более сложен, но зато требуемая точность приземления может быть выдержана.

2. Спасение результатов научных наблюдений и доставка их на Землю

Спасение результатов научных наблюдений и доставка их на Землю является одной из важнейших проблем первых ИСЗ.

Сам ИСЗ со всеми приборами, вероятно, сгорит как метеорит, врезавшись с громадной скоростью в плотные слои атмосферы.

Между тем очень желательно, чтобы спутник со всеми приборами вернулся на Землю или чтобы на Землю вернулись хотя бы приборы или части приборов, содержащие информацию, которую нельзя передать по радио. К такой информации относятся, например, спектрографические наблюдения за ультрафиолетовой и рентгеновской частью спектра Солнца и звезд, которая полностью срезается в атмосфере озоном и не наблюдается на Земле,

пробы атмосферы на высоте полета ИСЗ и др. По радио на Землю будут передаваться некоторые сведения о коротковолновой части спектра, полученные с помощью фотонных счетчиков. Однако гораздо более полные и ценные сведения могут быть получены с помощью спектрографа. Этот прибор, предназначенный для установки на спутнике, будет иметь некоторые особенности. Вместо призмы, разлагающей солнечный свет на его составляющие, будет использована небольшая вогнутая решетка (радиус кривизны 40—50 см), имеющая 6000—7000 тысяч штрихов на 1 см. Если сам спутник не будет ориентирован на Солнце, то за Солнцем будет следить зеркало, направляющее его свет на щель спектрографа. Солнечный спектр будет фотографироваться на фотопленку, наматывающуюся на легкий барабан.

Все сведения о солнечном спектре будут содержаться в этой фотопленке. На Землю также необходимо передать фотопленку от фотографировавших Землю фотоаппаратов.

С помощью искусственных спутников Земли можно проводить длительные наблюдения первичного космического излучения. Наблюдая космические лучи, мы можем получить сведения о тех процессах, которые испытывают космические лучи на пути от места их зарождения.

Тем самым мы с помощью космических лучей оказываемся в состоянии зондировать окружающий нас мир.

Не подлежит сомнению, что со временем приборы, установленные на спутниках, дадут возможность непрерывно следить за первичным космическим излучением. Будут обнаружены также компоненты в составе космических лучей, которые будут давать нам сведения о Вселенной в несравнимо большем масштабе, чем известное в настоящее время космическое излучение.

Более детальные данные о процессах образования и распада частиц при ядерных взаимодействиях высокой энергии, которые могут подвести нас уже к проблемам структуры элементарных частиц [1], может дать изучение космических лучей с помощью фотопластинок с толстым слоем специально приготовленной фотоэмульсии. Для исследования космических лучей нужно пачку толстостен-

---

[1] См. книгу Г. Б. Жданова, Космические лучи, Воениздат, Москва, 1954.

ных пластинок на небольшой срок (не более полумесяца) поместить на интересующую нас высоту. За этот срок в эмульсии накопится достаточное количество следов, а первые следы еще не потеряют способности к проявлению.

Учитывая то, что для фотографических наблюдений не надо, чтобы ИСЗ находился на орбите очень долгое время, председатель правительственной технической

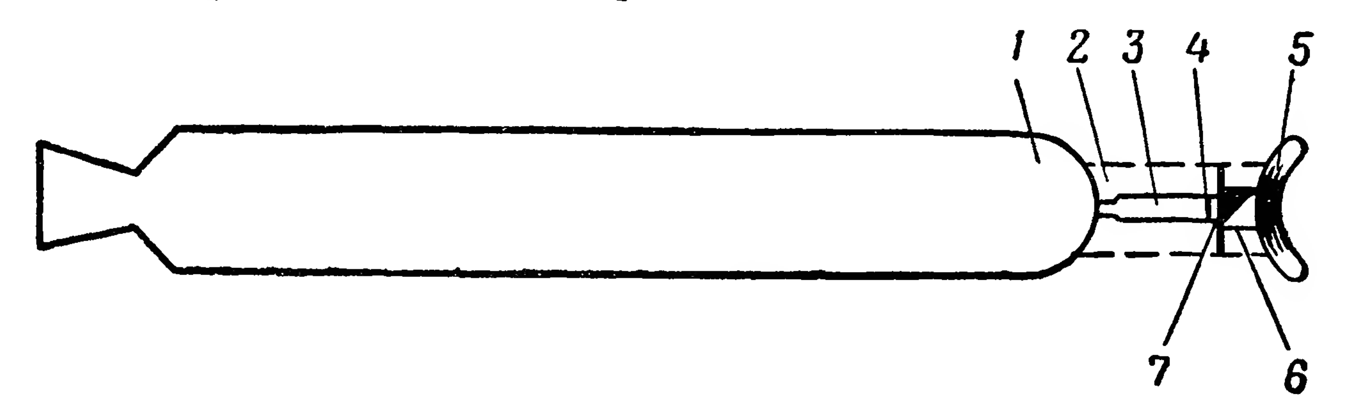


Рис. 65. Ракета с воздушным торможением:
1 — ракета третьей ступени; *2* — поддерживающее устройство; *3* — тормозная ракета; *4* — газобаллон для наполнения шара и отделения его; *5* — шар из нержавеющей стали; *6* — приборы (остаются с ракетой третьей ступени); *7* — радио и пленка

группы по созданию ИСЗ в США Р. Портер предложил проект спутника, предусматривающий возвращение на Землю небольшого патрона с экспонированной пленкой. ИСЗ Ричарда Портера представляет собой шар с общим весом 9,5 кг. Этот шар Ричард Портер предполагает присоединить к тормозной ракете (рис. 65), встроенной соплом вперед в третью ступень ракеты-носителя, несущей спутник на орбиту.

Третья ступень ракеты *1* для запуска ИСЗ после выхода ее за пределы атмосферы получит вращательное движение, дающее стабилизирующий эффект с помощью крошечных ракет, установленных на этой ступени.

После этого из третьей ступени ракеты, являющейся собственно спутником Земли, выдвинется на специальном поддерживающем устройстве *2* научное оборудование ИСЗ. Научное оборудование должно быть вне толстостенной ракеты, так как она вносит искажения в измерения и работу приборов; например, под действием космических лучей в стенках ракеты возникают ливни заряженных частиц, вследствие чего космические частицы нельзя наблюдать в чистом виде. Как видно из рисунка 65, искусственный спутник Портера, кроме приборов *6*, радиоустановки и контейнера патрона под пленку *7*,

имеет еще сложенный (до 1,8 его объема) шар из нержавеющей стали *5*, используемый в качестве парашюта, газобаллон *4* для наполнения шара после отделения его и тормозной ракеты. Этот спутник не имеет солнечной батареи, так как при небольшой длительности работы малогабаритные электрические батареи предпочтительнее солнечных преобразователей.

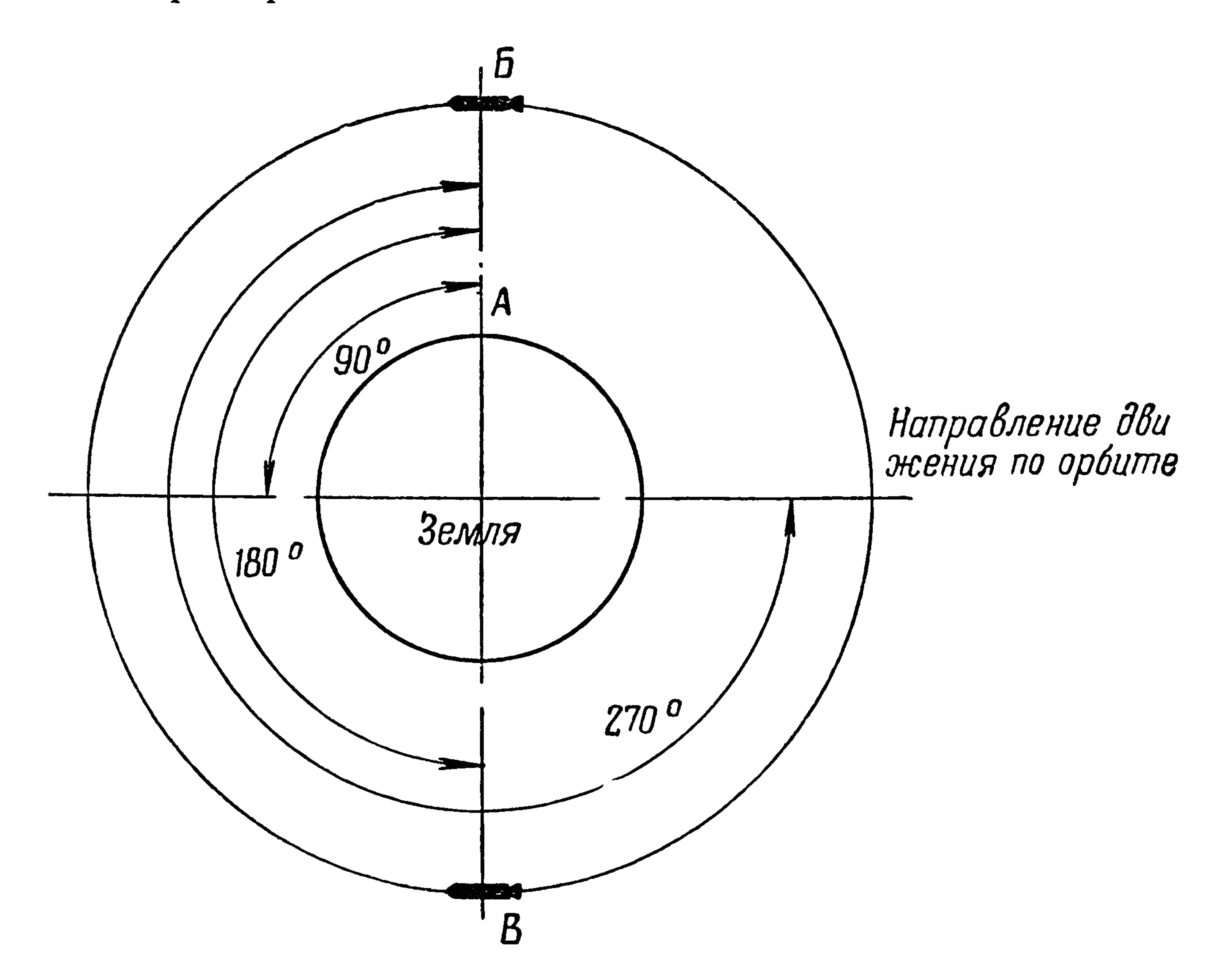


Рис. 66. Действие тормозной ракеты:

А — место запуска ИСЗ; *Б* — точка отделения шара с патроном, радиостанцией и тормозной ракетой от третьей ступени ракеты-носителя; *В* — начало действия тормозной ракеты

Возвращению на Землю подлежит небольшой патрон с экспонированной пленкой.

Радиостанция во время нахождения спутника на орбите сообщает на Землю данные о его положении в пространстве. Затем с Земли она принимает сигнал, по которому экспонированная пленка вводится в патрон. Сложенный шар вместе с патроном, миниатюрной радиостанцией и тормозной ракетой отделяется от третьей ступени ракеты-носителя ИСЗ. По сигналу с Земли тормозная ракета начинает действовать в точке *В* орбиты, отстоящей на 180° от места запуска *А* (рис. 66).

Это необходимо потому, что благодаря вращению вокруг продольной оси ракета сохранит положение этой оси в пространстве неизменным, и только через 180° от места запуска действие тормозной ракеты будет действительно тормозящим.

После прекращения действия тормозной ракеты в точке *Б* над местом запуска открывается клапан баллона с гелием, ранее сложенный шар раздувается, отделяется от тормозной ракеты и падает на Землю, неся только патрон с пленкой и крошечный радиопередатчик, дающий при спуске сигналы для облегчения нахождения места приземления.

По расчету Портера, этот шар диаметром 914 мм, сделанный из листовой нержавеющей стали толщиной 0,076 мм, с внутренним и внешним защитными слоями из политетрафторэтилена толщиной 0,02 мм, может доставить на Землю патрон с фотопленкой общим весом 227 г.

Тормозная ракета замедляет орбитальную скорость спутника с 7620 м/сек до 6096 м/сек. Пока шар не войдет в плотные слои атмосферы, падение его будет происходить по эллиптической траектории.

По мнению Портера, хотя шар и нагреется почти до 2000°, он не расплавится при вхождении в атмосферу благодаря:

1) своей аэродинамической неустойчивости, которая заставит его качаться, в связи с чем нагреваться будет около 50% поверхности шара;

2) защитному наружному покрытию.

Часть нагрева примет на себя патрон с пленкой, покрытый несколькими слоями политетрафторэтилена с кварцем. Это покрытие, испаряясь, не допустит чрезмерного нагревания патрона, которое может привести к порче пленки.

Если удастся избежать последствий этого сильного нагрева, то шар, как парашют, опустится на Землю с конечной скоростью 9 м/сек через 20 минут после ухода с орбиты.

Для более полного представления об этом проекте укажем, что общий вес спутника 9,5 кг распределяется так: ракета торможения — 5,4 кг, шар — 1,6 кг, конструкция спутника, радио, фотокамера, пленка, баллон с гелием для заполнения шара и пр. — 2,5 кг.

Кроме рассмотренного, имеются проекты, предусматривающие покрытие искусственного спутника толстым слоем термоизоляционного материала, который предохранит некоторые приборы и фотопленку от сгорания.

Здесь следует отметить проект К. Эрике, который предлагает использовать для торможения не лобовое сопротивление воздуха, а его подъемную силу, снабдив спутник маленькими несущими поверхностями, что сделает спутник при спуске управляемым.

Глава IX

ВОЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИСЗ

Н. С. Хрущев в докладе на юбилейной сессии Верховного Совета СССР 6 ноября 1957 г. сказал:

«Даже такой факт, как запуск в Советском Союзе искусственного спутника Земли, империалисты пытаются использовать в своих целях. Они затрубили во все трубы и забили в набат, заявляя, что запуск Советским Союзом спутника будто бы угрожает миру, угрожает капиталистическим государствам новым оружием.

Мы торжественно заявляем, что наш народ никогда не думал и в будущем не помышляет применять какие-либо средства уничтожения, если наша страна не подвергнется нападению со стороны империалистических государств. Мы отдаем себе отчет в том, что если Советскому Союзу удалось в результате усилий ученых, инженеров и рабочих создать спутник Земли, то и другие страны, и особенно такая высокоразвитая страна, как Соединенные Штаты Америки, могут создать то же самое. Конечно, то, чего достигла наша страна, имеет большое значение, потому что мы выигрываем во времени в соревновании с капиталистическими странами».

В капиталистических странах ведется интенсивное изучение возможностей применения ИСЗ в военных целях.

1. Искусственный спутник-разведчик

По мнению иностранных специалистов, непосредственное военное значение небольших необитаемых искусственных спутников Земли ограничено. Они могут быть исполь-

зованы главным образом в разведывательных целях — для фотографирования поверхности Земли или ее отдельных участков.

Возможно, что необитаемые спутники окажутся полезными для повышения меткости попадания в цель межконтинентальных ракет. С помощью спутников предполагают уточнить размеры и форму Земли, расстояния между отдельными материками и географическими пунктами. Дело в том, что форма Земли не определена достаточно точно и наши географические, военные и другие карты не вполне верны. Чем большие пространства они охватывают, тем крупнее их ошибки. Это может сильно снизить меткость стрельбы на большие расстояния, например, межконтинентальными снарядами, которые, как предполагают, будут лететь на расстояние в 8000—16 000 км и более.

Кроме того, с помощью спутников надеются получить данные о действии силы тяжести Земли и ее магнитного поля на больших высотах. Эти сведения также необходимы для уточнения карт и проверки надежности ориентировки межконтинентальных ракет.

Заслуживает внимания проект искусственного спутника — космического военного разведчика, получившего название «Большой брат», описание устройства которого было опубликовано в журнале «Американ Авиэйшн» в 1956 г., 14 февраля, том 102, № 3412, стр. 4.

Этот проект, по-видимому, будет обсуждаться различными инстанциями в США, и только после этого начнется его инженерное проектирование. Тем не менее, представители промышленности считают, что первый экземпляр разведывательного спутника может быть закончен через 5 лет.

Рассмотрим аппаратуру этого спутника, предназначенную для обзора земной поверхности и передачи разведывательной информации на Землю.

Возможны 2 способа обзора земной поверхности со спутника-разведчика: радиолокационный и оптический.

Радиолокационный способ имеет перед оптическим то преимущество, что позволяет вести наблюдение за Землей в любую погоду и время суток.

Этот спутник может быть оборудован аппаратурой, аналогичной самолетной панорамной радиолокационной станции обзора. Принцип работы ее заключается в сле-

дующем. Радиолокатор спутника излучает мощные радиоимпульсы, очень узкие в горизонтальной плоскости и имеющие веерообразную форму в вертикальной (рис. 67). Каждый участок местности обладает определенной отра-

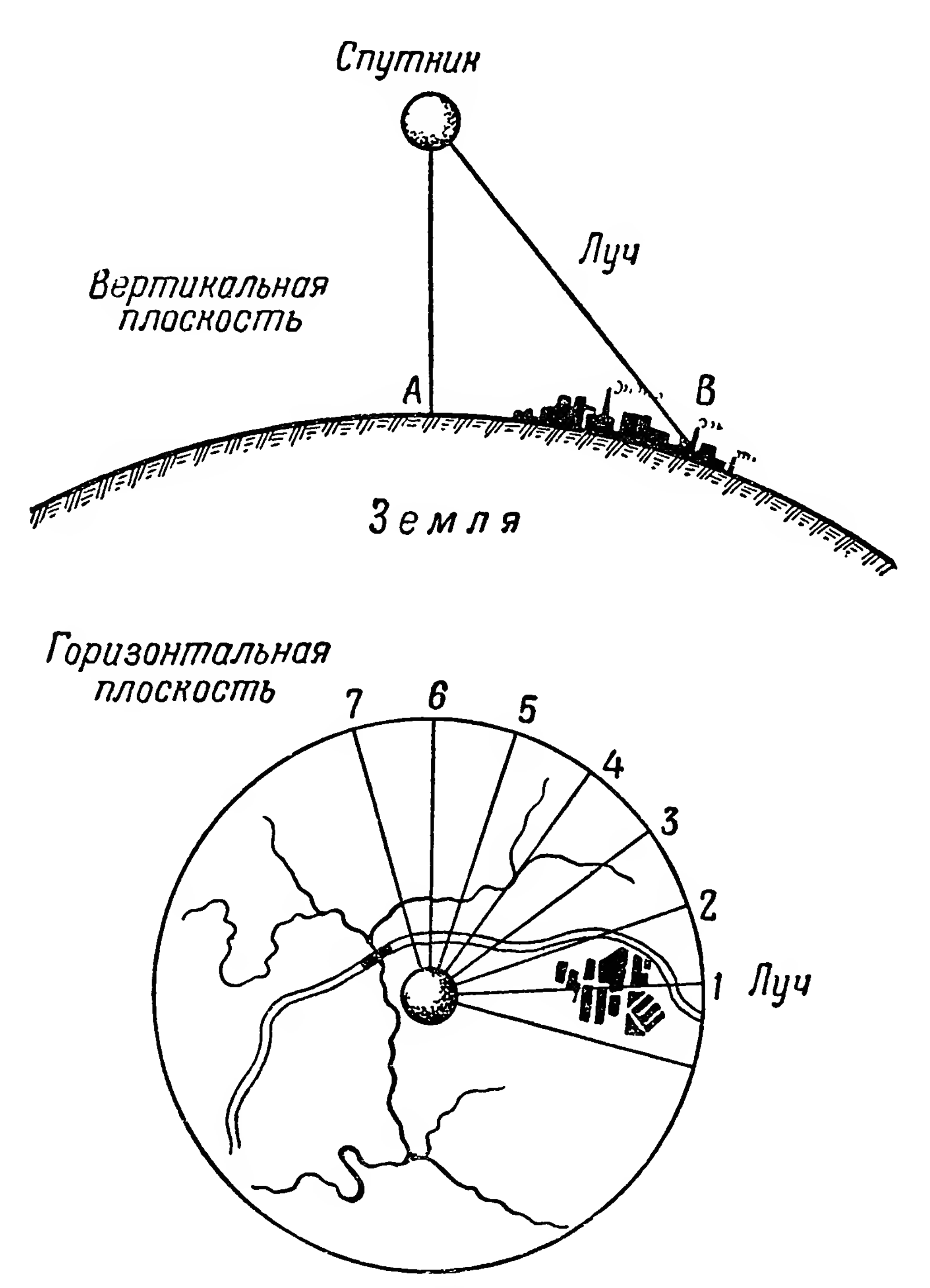


Рис. 67. Принцип работы панорамной радиолокационной станции спутника-разведчика:
А и *В* — ближайшая и наиболее отдаленная точка отраженных сигналов от Земли; *1, 2, 3, 4, 5, 6, 7* — последовательное положение лучей

жающей способностью, определяемой составом почвы, характером растительного покрова, типом сооружений на ней. К антенне приемника ИСЗ, который работает только во время пауз между импульсами, первыми приходят сигналы, отраженные от земной поверхности где-то у точки *А*, так как до нее расстояние наименьшее, затем сигналы от точек более удаленных и, наконец, сигналы, отраженные где-то у точки *В*.

Величина этих сигналов меняется в зависимости от отражающей способности участков. Если эти сигналы будут управлять яркостью луча, бегущего по экрану радиолокационной электроннолучевой трубки от центра по радиусу к периферии, то сигналы, пришедшие от участков с большей отражающей способностью, дадут более яркие точки, сигналы, пришедшие от участков с меньшей отражающей способностью, — менее яркие. Если последовательно облучать *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7* и т. д. участки земной поверхности, как показано на рис. 67 (внизу), то на экране электроннолучевой трубки получится полное радиолокационное изображение (панорама) местности, над которой пролетает в данный момент искусственный спутник. Конечно, не обязательно иметь это изображение на самом ИСЗ: принятые им отраженные сигналы могут после усиления передаваться по радио на наземный пункт.

Допустим, что искусственный спутник-разведчик будет лететь на высоте 800 км от поверхности Земли. Тогда невозможно будет получить очень маленькую ширину луча в горизонтальной и азимутальной плоскостях для того, чтобы различать объекты, имеющие размеры даже порядка 1 км. К тому же современные радиолокаторы с наиболее высокой разрешающей способностью дают изображение обозреваемой местности более бедное деталями, чем фотография, сделанная с воздуха с той же высоты.

Наиболее точные и детальные данные о земной поверхности можно получить путем достаточно легкого и светосильного фотографического оборудования. Это оборудование может обеспечить распознавание отдельного объекта диаметром примерно в 550 м с высоты 800 км. Фотооптический обзор земной поверхности со спутника означает использование отраженного от Земли света для образования на фотопленке с помощью объектива изображения обозреваемой поверхности.

В одной из фотокамер, предложенных для искусственного спутника-разведчика, используется объектив постоянной светосилы с изменяемым фокусным расстоянием. Отдельные линзы этого объектива легко могут перемещаться в продольном направлении, позволяя при желании получить увеличенное изображение земной поверхности, «выделить» интересующий объект в пределах всего поля зрения. Произведенные расчеты показывают, что

таким образом могут быть обнаружены суда, аэродромы и колонны моторизованных войск.

Из расчетов сотрудников фирмы «Дженерал электрик» в США следует, что при фотографировании на пленку шириной 127 мм при фокусном расстоянии объектива 220 мм и периоде обращения спутника 2 часа ширина обозреваемого участка земной поверхности составит 1600 км. Чтобы на фотографиях была изображена с некоторым перекрытием вся полоса Земли, над которой пролетает спутник за один оборот вокруг Земли, потребуется сделать 50 снимков. Так как в случае орбиты спутника, проходящей через полосы, расстояние между отдельными траекториями при последовательных прохождениях спутника над экватором Земли составляет около 3200 км, то для полного обзора земной поверхности с

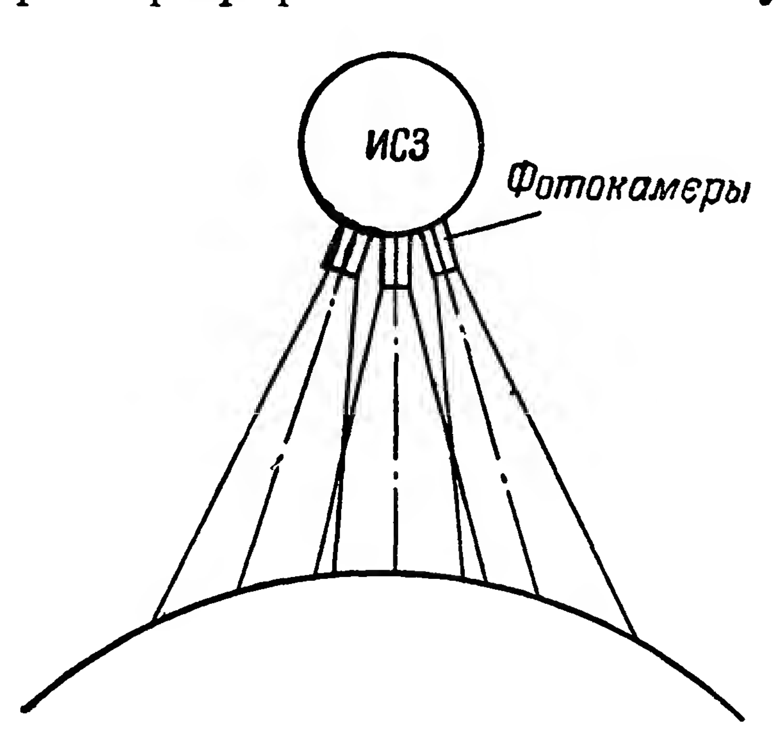


Рис. 68. Трехкамерная оптическая система для съемки поверхности Земли с шириной обозреваемого участка в 1600 км

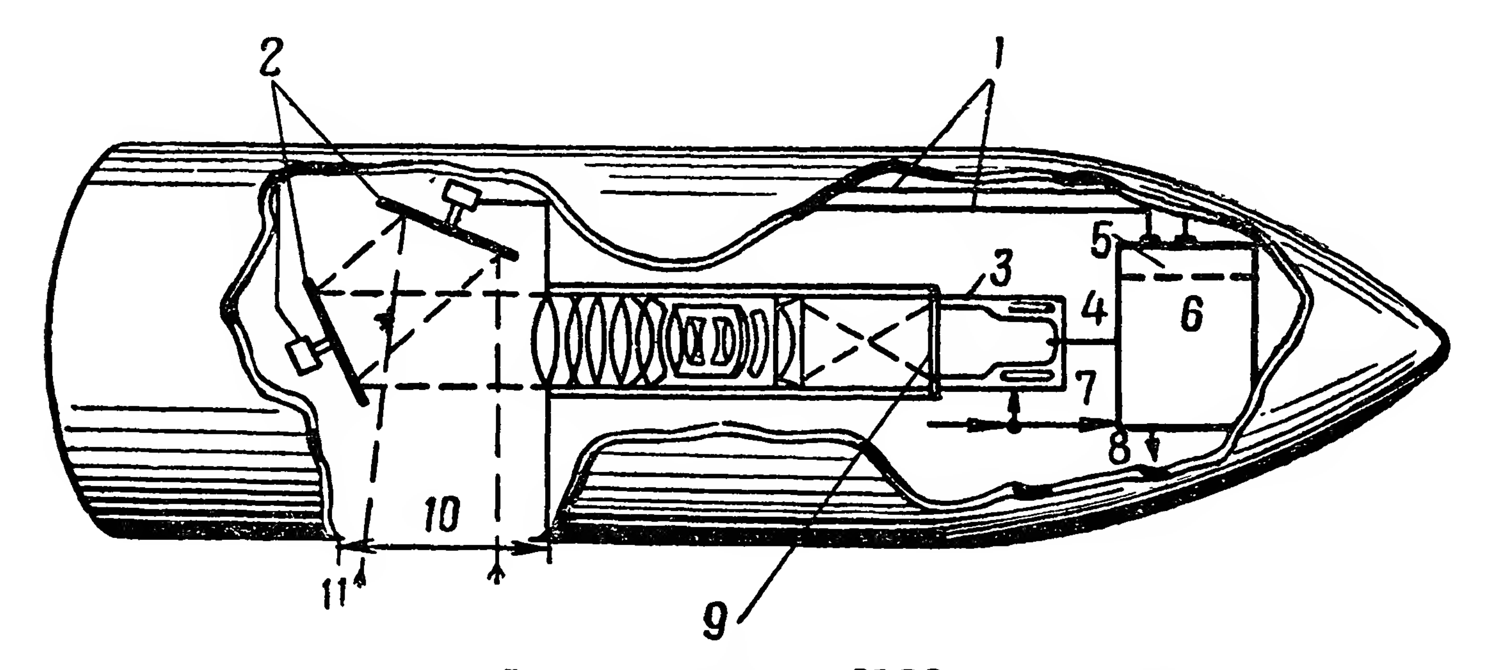


Рис. 69. Фототелекамера ИСЗ-разведчика:

1 — сигналы управления целостатом, получаемые от приемника или от гироскопических датчиков; *2* — плоские зеркала целостата с посеребренной передней поверхностью; *3* — передающая электроннолучевая трубка; *4* — напряжение сигнала; *5* — приемник; *6* — широкополосный передатчик; *7* — от централизованных источников питания; *8* — к антенне; *9* — изображение, проектируемое на фотокатодной (телевизионной) трубке; *10* — входное отверстие оптической системы; *11* — световые лучи, отраженные от земной поверхности

необходимым перекрытием потребуется 3 камеры, направленные под небольшим углом друг к другу (рис. 68). Для съемки всей поверхности Земли нужно сделать около 900 фотоснимков.

Однако на современном уровне развития техники невозможно без приземления спутника получить заснятую пленку. Осуществление же приземления, как мы уже упоминали, сопряжено с огромными трудностями. Поэтому в первых спутниках-разведчиках данные о земной поверхности, полученные оптическим путем, будут передаваться на Землю с помощью телевизионной установки. Разрешающая способность такой установки будет, конечно, ниже, чем у фотооптической, но выше, чем у радиолокационной.

На рис. 69 представлена такая фототелекамера, где цифрой *2* обозначено устройство из двух плоских зеркал, установленных в кардановых подвесах, обеспечивающих постоянный угол входа световых лучей от обозреваемой поверхности в объектив при изменении положения спутника.

Это устройство, называемое целостатом, проще и точнее силовой гироскопической системы стабилизации всего спутника и требует меньшей затраты энергии, так как зеркала обладают большей свободой и легко перемещаются одно относительно другого и относительно объектива. После целостата световые лучи *11*, отраженные от земной поверхности, проходят оптическую систему с изменяемым фокусным расстоянием, что позволяет при желании получить увеличенное изображение земной поверхности, и проектируются на фотокатод высокочувствительной передающей телевизионной трубки *9*. Как и при обычной телевизионной передаче, тонкий электронный луч обегает поверхность фотокатода и преобразует оптическое изображение в соответствующие электрические сигналы. Эти сигналы усиливаются и передатчиком *6* транслируются на Землю. На экране чувствительного телевизионного приемника, находящегося на наземном наблюдательном пункте, можно получить изображение местности, над которой пролетает искусственный спутник-разведчик.

Однако военное значение такого спутника вызывает известные сомнения, поскольку разведывательные действия будут возможны только в солнечные дни. Что же

касается фотографирования ночью с помощью инфракрасных лучей, то на это пока рассчитывать трудно.

Кроме устройств, показанных на рис. 69, спутник будет снабжен многими вспомогательными установками.

Для работы фотокамер и передатчика необходимы достаточно мощные источники питания, в качестве которых будут использованы, очевидно, солнечные батареи. Кроме того, спутник будет оборудован радиоприемником и автоматом для включения и выключения фотокамеры и передатчика.

Для нормальной работы фотооборудования необходимо, чтобы спутник летел по круговой орбите или по орбите, близкой к круговой. Поэтому на спутнике должен находиться еще реактивный двигатель для коррекции скорости движения по орбите во время первых оборотов спутника и бак с горючим для двигателя.

На рис. 70 показано устройство трехступенчатой ракеты, предназначенной для запуска ИСЗ-разведчика.

Искусственным спутником-разведчиком является третья ступень этой ракеты (то, что расположено выше горизонтальной линии *АБ*).

Общий вес этого спутника достигает 115 кг. Для доставки его на орбиту, например высотой 800 км, и сообщения ему требуемой скоро-

Рис. 70. Трехступенчатая ракета, предназначенная для запуска ИСЗ-разведчика:
1 — сжатый газ; *2* — насосы; *3* — бак с горючим; *4* — камера для вертикального фотографирования площади; *5* — передатчики для передачи данных на Землю; *6* — солнечные батареи; *7* — радиоприемник для включения и выключения фотокамеры; *8* — силовая гироскопическая система стабилизации траектории полета; *9* — реактивный двигатель для коррекции скорости движения по орбите: *10* — приборы второй ступени ракеты; *11* — горючее; *12* — окислитель; *13* — насосы; *14* — двигатель с тягой 9 ÷ 14 т; *15* — приборы первой ступени ракеты; *16* — сжатый газ; *17* — горючее; *18* — окислитель; *19* — насосы; *20* — блок двигателей с общей тягой 45—54 т; *21* — стабилизаторы; АБ — горизонтальная линия

сти необходима ракета с тягой 54,5 т. Трехступенчатая ракета с двигателями, работающими на спирте и жидком кислороде, будет весить около 41 т при общей длине 24,4 — 27,4 м.

2. Возможность создания военной межпланетной станции

Следующим этапом в использовании искусственных спутников Земли для военных целей, по мнению иностранных специалистов, будет создание стационарных обитаемых ИСЗ — межпланетных станций. Осуществление этих станций станет возможным тогда, когда будут созданы обитаемые космические корабли, могущие перевозить груз в необходимых количествах. Существует много разнообразных проектов подобных кораблей. В качестве примера приведем краткое описание такого корабля и межпланетной станции по проекту одного из видных ракетных специалистов — Вернера фон Брауна, ведущего конструктора ракеты «Фау-2», занимающегося в США усовершенствованием управляемых снарядов в Хонтевилле (штат Алабама, США). Межпланетный корабль Брауна — огромная ракета, состоящая из трех частей, расположенных одна над другой (рис. 71). Высота ракеты достигает 80—83 м, диаметр — около 30 м и вес — около 7000 т (примерное водоизмещение легкого крейсера). Цистерны ракеты вмещают 6150 т гидразина и азотной кислоты (примерно вес половины груза, поднимаемого танкером средней грузоподъемности). Нижняя часть является первой ступенью ускорения. Она имеет 51 реактивный двигатель. Эти двигатели могут развить тягу в момент отрыва ракеты от Земли в 14 тыс. т. Под воздействием такой тяги ракета медленно поднимается вверх. Положением ракеты будет управлять автопилот, воздействующий на воздушные и газовые рули.

Через 84 секунды после старта двигатели первой ступени исчерпают запасы горючего, доведя скорость ракеты до 8370 км/час. В этот момент они будут сброшены, и начнут действовать 22 двигателя второй ступени, которые в последующие 124 секунды доведут скорость корабля до 23 113 км/час. Высота подъема достигнет 67 км; при этом двигатели второй ступени израсходуют горючее, и вторая ступень, так же как и первая, отпадет.

Третья ступень, по внешнему виду напоминающая

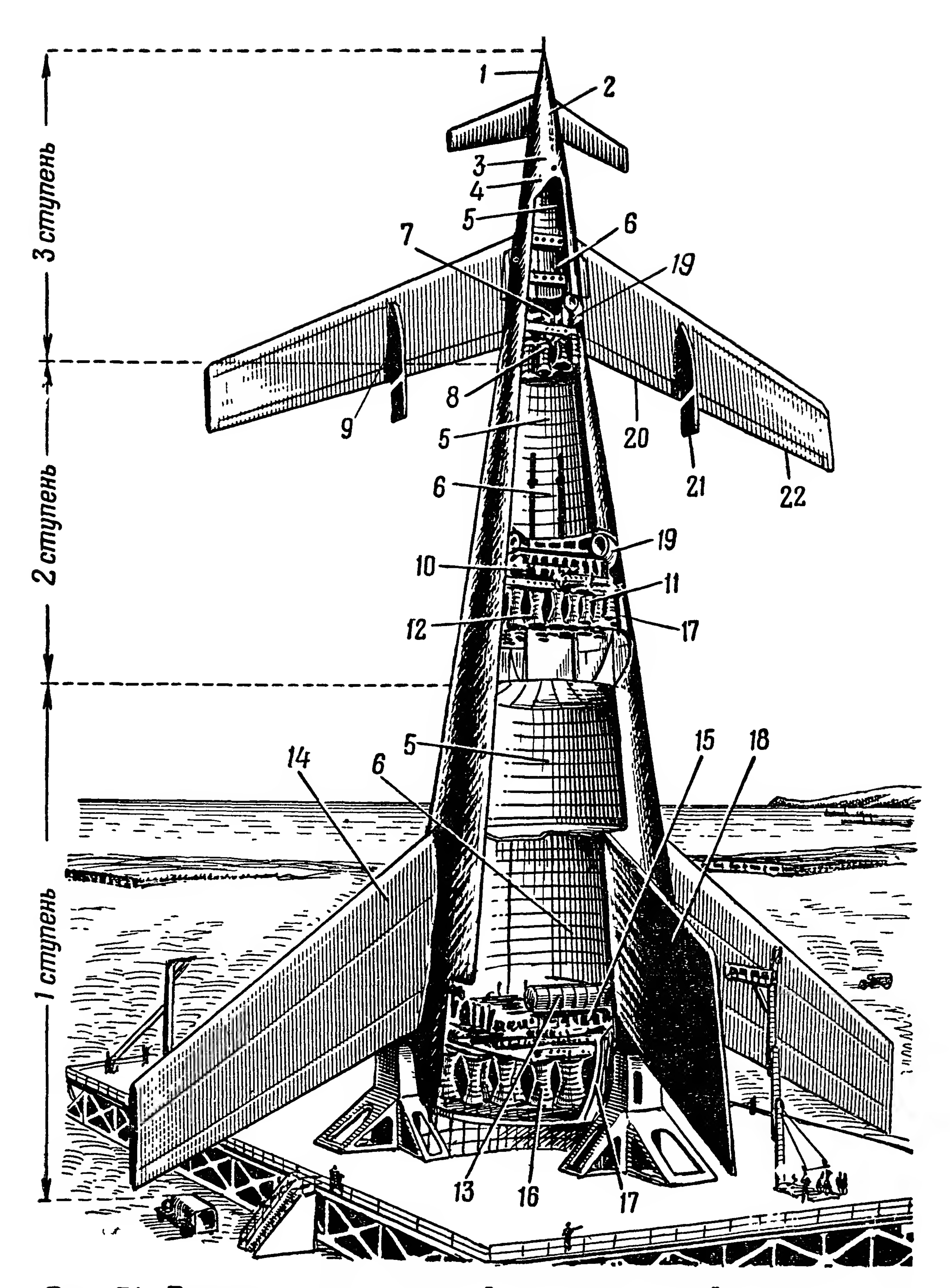


Рис. 71. Рисунок предполагаемой трехступенчатой ракеты, предназначенной для создания военной межпланетной станции и для сообщения с ней:

1 — приборный отсек; *2* — кабина летчика-астронавта; *3* — место для экипажа; *4* — место для груза; *5* — азотная кислота; *6* — гидразин; *7* — насосы для подачи гидразина и азотной кислоты; *8* — четыре основных двигателя и один для крейсерского режима; *9* — вертикальные стабилизаторы; *10* — насосы для подачи гидразина и азотной кислоты; *11* — смонтированные на шарнирах двигатели для управления (4 группы по 3 двигателя); *12* — 22 основных ракетных двигателя; *13* — цистерны для перекиси водорода; *14* — руль вертикального управления; *15* — выхлопное отверстие; *16* — 51 двигатель, включая 12 смонтированных на шарнирах, служащих для управления ракетой в полете; *17* — отсек для парашютов; *18* — руль горизонтального управления; *19* — перекись водорода для насосных турбин; *20* — посадочный щиток; *21* — руль; *22* — элерон

самолет, продолжит полет под воздействием тяги в 220 т, развиваемой четырьмя двигателями. Она несет команду и груз. Через 84 секунды она достигнет скорости около 30 тыс. км/час и будет находиться в горизонтальном полете на высоте 103 км.

Для продолжения полета двигатели имеют еще достаточно горючего, но они выключаются под воздействием автоматического интегрирующего акселерометра, измеряющего скорость ракеты. Так как скорость в 30 тыс. км/час выше характеристической скорости для высоты 103 км, то ракета удаляется от Земли. Центробежная сила, направленная под прямым углом к направлению полета, слегка превосходит действие силы тяжести, и ракета по законам небесной механики приобретет эллиптическую орбиту, по которой она все дальше и дальше будет уходить в космос.

После того как ракета пройдет половину пути вокруг Земли, она достигнет наивысшей точки орбиты (апогея) на высоте 1730 км. Во время этого подъема с выключенными двигателями, который занимает 51 минуту, под воздействием силы тяжести скорость корабля с 30 тыс. упадет до 24 тыс. км/час. Такая скорость для апогея будет несколько меньше скорости, необходимой для движения на достигнутой высоте. Чтобы ракета осталась в апогее, следует довести ее скорость до 25,5 тыс. км/час. Поэтому двигатели ракеты будут вновь включены и работать достаточное время, чтобы дать возможность развить недостающую скорость в 1500 км/час.

Теперь ракета будет вращаться вокруг Земли на высоте 1730 км при скорости 25,5 тыс. км/час, т. е. несколько большей, чем 7 км/сек. Ракета будет облетать земной шар за 2 часа, причем для этого ей не потребуется, как мы уже знаем, никакой затраты энергии.

Плоскость орбиты должна быть выбрана так, чтобы самая северная ее точка проходила через Северный Полярный круг, а самая южная — через Южный Полярный круг. В этом случае благодаря суточному вращению Земли вокруг своей оси ракета в течение суток пролетит над всеми широтами Земли, кроме полярных областей. Полезный груз описываемой ракеты может достигать 36 т, что эквивалентно грузу, поднимаемому двумя современными самолетами-бомбардировщиками. Во время любого отдельного полета на орбиту эти 36 т могут быть

там выгружены и будут циркулировать по инерции в пространстве. После этого третья ступень ракеты введет в действие свои двигатели торможения и возвратится в атмосферу. Здесь она может совершить обычный спуск, как это делают самолеты, используя приделанные к ней

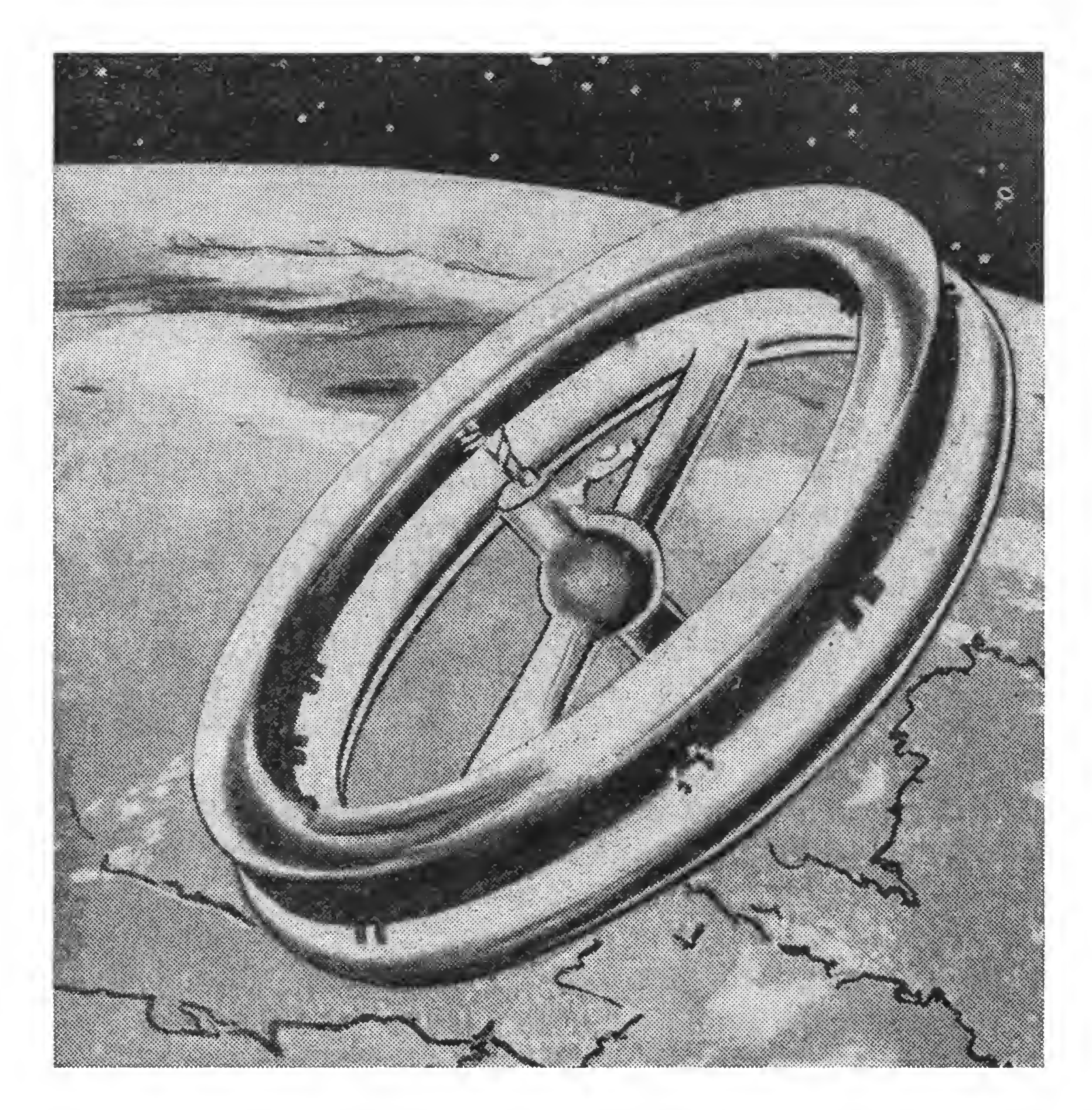


Рис. 72. Предполагаемая межпланетная станция-спутник конструкции Вернера фон Брауна

крылья и хвостовое оперение. Две первые ступени реактивных двигателей, после того как их горючее будет израсходовано и они будут сброшены, спустятся в океан на парашютах, сделанных из проволочной ткани для должной прочности и жаростойкости; пустые системы топливных баков поддержат эти двигатели на плаву до тех пор, пока они не будут найдены и отбуксированы в заранее намеченное место. Следовательно, любая ракета

может быть вновь собрана, снабжена горючим и снова запущена.

Незначительное число таких орбитальных ракет может доставить на заданную орбиту достаточное количество материалов и деталей, чтобы построить там постоянную межпланетную станцию.

По проекту Брауна, космическая станция представляет собой колесообразное трехпалубное сооружение диаметром 80 м, разделенное на отсеки (рис. 72).

Известно, что на космическом корабле или межпланетной станции люди будут находиться в состоянии невесомости. Поэтому предлагается на станции создать искусственную силу тяжести, используя центробежную силу. Если станцию с помощью ракетного двигателя привести во вращательное движение со скоростью один оборот за 22 секунды, то на людей, находящихся внутри станции, будет действовать центробежная сила, равная силе притяжения Земли.

Межпланетную станцию такого типа предполагается собирать из сегментов, сделанных из армированной металлом нейлоновой пластмассы. Члены экипажа, прибывающего для сборки межпланетной станции, должны быть одеты в специальные костюмы, позволяющие вести работу в безвоздушном пространстве. Для передвижения людей в условиях невесомости костюмы снабжаются миниатюрными реактивными двигателями и рулями управления, работающими в потоке газов этого двигателя. Все члены экипажа будут прикрепляться к станции гибким тросом достаточной длины. На станции предполагается иметь специальные шлюзы для входа и выхода людей из внутренних помещений с нормальным давлением воздуха в безвоздушное космическое пространство. Чтобы не повредить межпланетную станцию ракетами, прибывающими с Земли, для них предусматриваются выносные причалы. На станции имеется собственная система кондиционирования воздуха, устройство для контроля температуры во внутренних помещениях станции. Станция снабжается свето- и радиомаяками. На такой станции можно разместить команду в 200—300 человек.

Проект межпланетной станции Брауна не является единственным.

На рис. 73 изображена также кольцеобразная межпланетная станция, предложенная членом британского

межпланетного общества А. В. Кливером. Как видно из рисунка, в отличие от проекта Брауна она имеет параболоид преобразователя солнечной энергии в электрическую, причал для приема прибывающих ракет и антенну для связи с Землей. Некоторые ученые представляют такие станции не в виде колеса, а, например, в виде шара с выступающей осью, на одном конце которой разме-

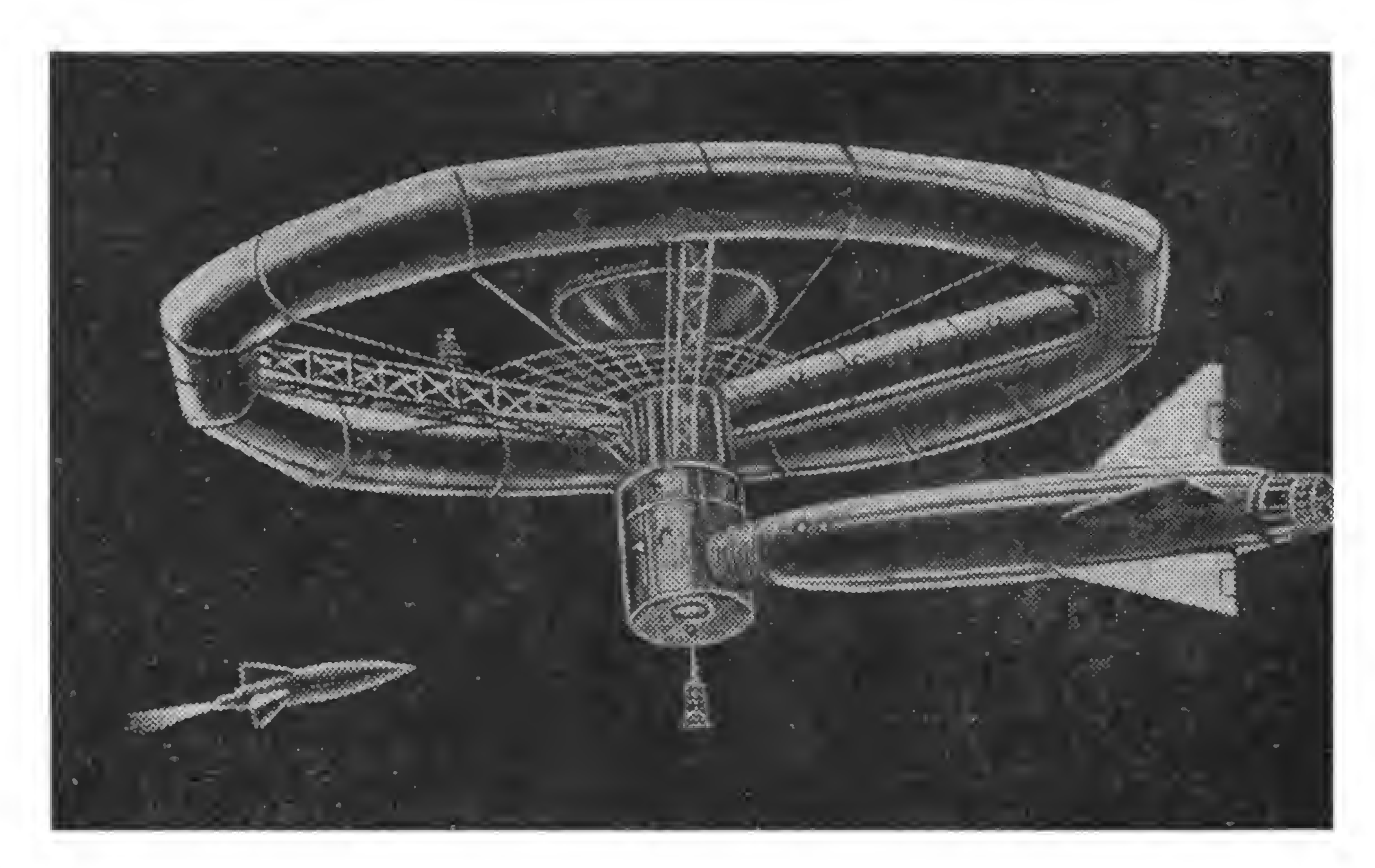


Рис. 73. Проект межпланетной военной станции ИСЗ члена Британского межпланетного общества А. В. Кливера

щается солнечная электростанция, а на другом — телевизионный передатчик. Такая станция (рис. 74) имеет, как и в первом случае, воздушный шлюз, астрономическую обсерваторию, поисковый радиолокатор, приемник для улавливания космических лучей и т. д. Эта станция, описание которой дано Ф. Тислеем в журнале «Меканикл иллюстрейтед» № 6, 1949 г. под красноречивым названием «Крепость в небе», по мысли автора, должна иметь атомную установку. Эта установка предназначается для запуска и работы станции в космосе. Существенным неудобством атомной установки является необходимость защиты команды от вредного излучения реактора и от колоссальных избытков тепла, генерируемого реактором. Как и в проекте Брауна, станция собирается в космосе на орбите, но в данном случае, помимо грузов, доставляемых ракетами на орбиту, для постройки ее предпола-

Рис. 74. «Крепость в небе»

гается широко использовать и детали самих ракет, которые будут разбираться на орбите и войдут в качестве органических составных частей в конструкцию межпланетной станции. Ракета, с помощью которой может быть осуществлен этот проект, была изображена на рис. 36.

Различные авторы называют довольно противоречивые сроки создания межпланетных станций. Наиболее пессимистично настроенные считают, что пройдет несколько десятков лет, прежде чем проект такой станции будет осуществлен. Оптимисты же указывают, что при достаточном напряжении сил ее можно построить уже через десять лет.

Первой возможностью применения межпланетной станции в военных целях, по мнению некоторых иностранных ученых, будут разведка и наблюдение. Для этого думают использовать мощный рефлекторный телескоп, подобный тому, какой установлен на Маунт Вильсон (одна из известных обсерваторий США). Такой телескоп будет свободно «плавать» примерно в 100 м от станции на той же самой орбите и управляться со станции.

С помощью фотоаппаратов, которыми пользуются в воздушной разведке, предполагается автоматически производить разведывательные съемки. Аппараты могут наводиться на необходимые объекты посредством инерционных маховых масс, прикрепленных к телескопу и управляемых со станции по радио. Поле зрения фотоаппарата будет проверяться изнутри станции посредством телевизионного экрана, а затвор фотоаппарата — управляться по радио. Предусматривается автоматическое проявление пленки.

Разрешающая сила 254-сантиметрового телескопа на расстоянии 1730 км такова, что с его помощью можно различать объекты, имеющие размеры более 0,4 м. Это соответствует возможностям невооруженного глаза примерно на расстоянии 1,5 км.

Иностранные специалисты считают, что межпланетная станция сможет явиться также платформой для запуска боевых ракет.

Обстрел такими ракетами полагают производить следующим образом. Если запустить крылатую ракету с атомным зарядом со станции назад так, что ее скорость уменьшится по сравнению со скоростью станции на 1722 км/час, то она под действием силы тяжести начнет

приближаться к Земле по эллиптической траектории. После того как управляемый снаряд войдет в атмосферу, автоматический барометрический высотомер повернет подкрылки и придаст крыльям отрицательный угол атаки. Затем сопротивление воздуха замедлит его скорость, и снаряд перейдет, наконец, в сверхзвуковое скольжение при положительном угле атаки и таким путем достигнет поверхности Земли.

Снаряд, несмотря на свое торможение, будет двигаться с большей угловой скоростью вокруг Земли, чем станция, и если смотреть на него с этой станции вниз, то можно увидеть, что он обгоняет станцию. Если иметь вторую орбитальную станцию, которая будет расположена на 3862 км впереди основной, то снаряд во все время сверхзвукового скольжения в атмосфере будет находиться как раз в пределах наблюдения этой второй станции. В пределы ее наблюдения несколько позднее войдет и цель.

Вторая станция может следить за снарядом посредством радиолокатора, а также управлять его курсом с помощью радио. Сама цель окажется в поле зрения этой станции за несколько минут до того, как снаряд достигнет своего назначения на Земле или в океане. Поэтому курс до цели может быть установлен оптическим путем или с помощью второго радиолокатора.

Счетно-решающие приборы, напоминающие те, которые применяются для зенитных управляемых снарядов, все время будут обеспечивать такое управление снарядом, с помощью которого он будет доведен до заданной боевой цели с возможно большей точностью и обеспечит при своем взрыве ее поражение.

* * *

Опубликованные в иностранной печати данные показывают, что в странах Северо-атлантического блока, особенно в США, ведутся работы по созданию космических ракет, искусственного спутника Земли и межпланетных станций военного значения.

Все работы по проектированию искусственного спутника Земли в США осуществляются под руководством министерства обороны. Большинство специалистов, которые занимаются искусственными спутниками Земли, работают одновременно и над военными ракетами дальнего действия, в том числе и межконтинентальными.

В 1949 году министр обороны США объявил, что его министерство работает над созданием межпланетной станции, которая будет вращаться вокруг Земли как миниатюрная Луна и служить военной базой, вынесенной в космос.

Работы над созданием искусственных спутников Земли и межконтинентальных снарядов в США ведутся усиленно, но научные данные о ходе такой работы свидетельствуют об отставании США от достижений Советского Союза.

Агентство Юнайтед Пресс 2 декабря 1957 г. передало: «Д-р Вернер фон Браун — создатель германских ракет «Фау-2» — выдвинул обвинение, что американским руководителям не хватает воображения для программы создания ракетных снарядов. Он сказал, что за последние пять лет он и другие ученые настаивали на том, чтобы США приступили к совершенствованию «действительно крупного ракетного двигателя», но не смогли заинтересовать тех, кого нужно».

«Указанием на наш образ мыслей служит тот факт, что мы все еще называем межконтинентальную баллистическую ракету «абсолютным оружием», — сказал фон Браун в беседе с корреспондентом концерна Скриппс-Говард Джимом Лукасом, которая опубликована в газете «Нью-Йорк уорлд телеграм энд Сан». «Фактически мы ставим себе предел». Межконтинентальная баллистическая ракета — «только начало», заявил фон Браун. Но руководители США «просто не понимают, о чем мы говорим». Они хотят усовершенствовать межконтинентальную баллистическую ракету, прежде чем подумать о чем-нибудь более крупном.

Фон Браун, натурализованный американский гражданин, возглавляет группу ученых, работающих над ракетными снарядами армии США. Он сказал также следующее: «Запуск американского искусственного спутника Земли с помощью армейской ракеты «Юпитер-С» потребует «перестановки» приборов внутри спутника диаметром в 20 дюймов, и поэтому запуск, возможно, будет произведен лишь через 90 дней. Для того, чтобы сравняться с русскими в области ракетных снарядов большой дальности полета и космических снарядов, потребуется по меньшей мере 5 лет, а также и жертвы, которые «мы еще не начали приносить».

Фон Браун сказал, что уже несколько лет тому назад ученые знали, что Россия производит ракетный двигатель гораздо крупнее, чем любые запланированные в США, и конструирует еще более крупные. Однако ученым неизменно задавали вопрос: «Зачем вам это нужно?», когда они предлагали, чтобы США подумали о более мощных двигателях.

«Русские действуют иначе», — сказал он. — «Они планируют на 25 лет вперед. Мы же движемся толчками и скачками. Нам нужна программа, и нам нужны решения для проведения ее в жизнь». Он сказал, что после запуска двух русских спутников стали говорить, что деньги — не проблема, «но на деньги нельзя купить потерянного времени».

Фон Браун заявил, что он не думает, что Россия обязательно идет впереди на 5 лет в своей ракетной программе. Однако Советский Союз непрестанно движется вперед и приобретает новый размах. Для того, чтобы сравняться с русскими темпами, Соединенным Штатам потребуется по меньшей мере 5 лет сосредоточенных трудов.

Фон Браун признался, что и он одно время ошибался при оценке достижений русских в области ракетных снарядов. Он сказал, что примерно два года тому назад ему пришлось беседовать с группой немцев, возвратившихся из России.

«На основе их рассказов, — сказал он, — я сделал вывод, что русские глупо использовали немецких специалистов, которых они захватили в конце второй мировой войны. У меня создалось также впечатление, что они плохо руководят своей ракетной программой и не создали по существу ничего такого, что могло бы вызвать тревогу».

Фон Браун добавил, что взятые в плен немцы «были действенно изолированы от подлинной советской ракетной программы... Изоляция была настолько совершенной, что они явно даже не знали о существовании этой программы».

3. Уязвимость военной межпланетной станции

В связи с грандиозными расходами, которые понадобятся для создания космической станции, некоторые специалисты (в том числе и военные) считают работы в

этой области в столь широких масштабах несвоевременными. Среди них есть такие, которые ставят вопрос об уязвимости межпланетной станции. Они спрашивают своих оппонентов: не могут ли такие затраты быть сведены на нет контрмерами противника, причем с гораздо меньшими затратами? Насколько «крепость в небе» окажется способной к сопротивлениям возможным действиям противника?

Рассматривая вопрос об уязвимости межпланетной станции, иностранные специалисты считают, что имеются два способа ее атаки. Один из них предполагает запуск вверх ракеты, которая, выйдя на орбиту станции, выпускает заряд, похожий на шрапнель; скорость встречи отдельных элементов этого заряда с межпланетной станцией будет более 25 тыс. км/час, так как станция двигается с такой скоростью. Вследствие космической скорости встречи эти отдельные элементы заряда вызовут большие разрушения на станции.

Однако считают, что можно будет до некоторой степени бороться с полученными пробоинами с помощью защитной техники, подобной применяющейся в авиационных топливных баках, а также с помощью разделения станции на отсеки.

Специалисты замечают, что ошибка в расчете времени перехвата на одну секунду приведет вследствие огромной скорости станции к ошибке в расстоянии около 6,0 км. При этом даже атомный снаряд перехвата будет относительно малоэффективен, так как волны, вызываемые атомным взрывом, в вакууме возникать не будут, хотя световое действие будет очень сильным.

Другим способом атаки является использование обитаемого ракетного корабля, снабженного ракетной артиллерией. В этом случае столкновение будет носить характер обычного воздушного боя, но уже в космосе, и победит тот, кто первым нанесет удар.

Учитывая огромный риск, которому будет подвергаться станция в случае такой атаки, иностранные специалисты видят выход в опережении противника в создании космических кораблей и самой станции. Браун пишет, например, следующее: «...Если мы создадим наши наземные установки и построим искусственный спутник, имеющий снаряды «космос — Земля», готовые к дейст-

вию, то мы сможем остановить любые попытки противника атаковать нашу крепость в космосе».

В отношении уязвимости, а следовательно, и целесообразности создания межпланетной военной станции, как мы сказали, существует и противоположная точка зрения. Наиболее ясно она сформулирована и мотивирована профессором физики Колумбийского университета и членом руководящего штаба научной расчетной лаборатории Ватсона Л. Томасом в статье «Уязвимость искусственных спутников», опубликованной в журнале «Джет пропалшн» № 5 за 1954 г.

Напоминая о колоссальных затратах (4 млрд. долларов), которые потребуются для создания такого спутника, автор выражает сомнение в его способности противостоять атакам противника. Он соглашается с тем, что поражение станции с помощью двух- или трехступенчатой ракеты будет весьма трудным. Площадь цели составляет около 10 тыс. кв. футов, и для попадания в нее потребуется почти неосуществимая точность. Однако, по мнению Томаса, станция чрезвычайно уязвима при ударах небольших частиц, движущихся с орбитальной скоростью на той же высоте. Для этого может быть создана ракета малых размеров, которая будет нести головку, наполненную небольшими частицами при незначительном заряде для ее взрыва.

Эту ракету автор рекомендует направить по орбите спутника, но в противоположном направлении. Ракета должна быть взорвана в момент нахождения ее на расстоянии половины окружности орбиты от спутника. Облако поражающих частиц, получившееся в результате взрыва, будет каждые два часа (что соответствует периоду обращения спутника на высоте данной орбиты) собираться вблизи точки взрыва, хотя изменения в скорости постепенно рассеют заряд по всей орбите. Если выбрать взрывной заряд с таким расчетом, чтобы максимальное рассеивание поражающих частиц соответствовало максимально возможному отклонению снаряда от цели (скажем, 1,5 км на расстоянии 24 тыс. км), то частицы распространятся на площади около 24 млн. кв. м, и хотя бы одна поражающая частица из миллиона попадет в станцию, когда она будет проходить через такое облако. Но ей придется проходить через него снова и снова, другими словами, встречаться с поражающими

частицами сначала через каждый час, а затем все время, причем каждый раз ее может поразить одна поражающая частица из миллиона. Эта частица будет иметь скорость встречи со станцией, соответствующую двукратной орбитальной скорости, т. е. порядка 14 тыс. м/сек. Если ее вес составит всего 0,4 мг, то он будет обладать энергией в 4,5 кг/м, достаточной для того, чтобы убить человека. Поражающая частица будет иметь размер около 0,4 мм и при указанных скоростях сможет пробить стальной лист толщиной 2,5 мм.

Если заряд из поражающих частиц составит всего один процент от веса станции, то можно ожидать около 7000 попаданий в час, затраты на осуществление такой контрмеры потребуют менее 1 млн. долларов. Автор при этих условиях сомневается в целесообразности грандиозных затрат на постройку военной межпланетной станции.

В заключение мы позволим себе сделать следующие выводы.

Создание космических кораблей и межпланетных станций требует огромной подготовительной работы, кооперирования ряда научно-исследовательских учреждений, лабораторий и даже отраслей промышленности, тем не менее это в пределах возможностей, предоставляемых современной наукой и техникой, и такая задача в ближайшее время может быть разрешена.

Космический корабль и межпланетная станция могут быть использованы как для разведки и наблюдения, так и для боевого воздействия на наземные цели с применением ядерных зарядов. Наличие таких средств вооруженной борьбы будет представлять для тех или иных стран серьезную опасность. Но подобную «крепость в небе» никак нельзя считать неприступной. Можно утверждать, что одновременно с ее появлением будут созданы эффективные средства борьбы с ней, осуществление которых проще и намного дешевле.

Космические корабли и межпланетные станции ни в коем случае нельзя рассматривать как средства абсолютные, т. е. могущие одним своим появлением подавить противника и решить исход войны.

Мы уже видели, что даже первые необитаемые ИСЗ могут быть использованы для фотографирования отдельных районов или объектов, для уточнения земных расстояний, для корректировки карт, наконец, в известных

случаях — для наведения на цель управляемых снарядов дальнего действия. Их значение состоит еще и в том, что под маркой проведения широкой программы, необходимой якобы для их создания, известные круги в США фактически проводят программу по созданию межконтинентальных управляемых снарядов. Достаточно вспомнить, что некоторые из таких деятелей открыто называют создание ИСЗ своего рода репетицией, необходимой для осуществления таких снарядов. Так, например, в американском журнале «Америкэн Авиэйшн» от 22 октября 1956 г. говорится, что «ведущиеся в США работы в области создания ИСЗ и ракеты, способной облететь вокруг Луны и вернуться на Землю, дадут достаточный теоретический и экспериментальный материал для проектирования систем управления для межконтинентальных баллистических снарядов».

Что такое межконтинентальная баллистическая ракета? Межконтинентальной баллистической ракетой принято считать управляемую с Земли бескрылую ракету с жидкостно-реактивными двигателями, способную пролетать от места запуска до цели многие тысячи километров. Корпус современной баллистической ракеты имеет форму цилиндра с заостренной удобообтекаемой головной частью. Внутри корпуса размещаются боевой заряд — атомное или термоядерное взрывчатое вещество, аппаратура системы управления, баки с горючим и окислителем и мощные жидкостно-реактивные двигатели.

Чем выше дальность стрельбы, тем больше габариты и стартовый вес баллистической ракеты.

Для стрельбы на несколько тысяч километров ракеты делаются многоступенчатыми. После выгорания топлива в первой ступени она автоматически отделяется от ракеты. В этот момент начинают работать двигатели второй ступени, и ракета продолжает движение с большим ускорением. Идея многоступенчатой ракеты была высказана в начале нашего столетия знаменитым русским ученым К. Э. Циолковским и теперь блестяще реализована в советской сверхдальней ракете.

Устанавливая на ступенях ракеты двигатели с большой тягой и используя высококалорийные топлива, можно достичь огромных скоростей полета, а следовательно, и дальностей стрельбы.

Межконтинентальная баллистическая ракета запускается вертикально с небольшой стартовой площадки. В течение нескольких первых секунд ракета мчится вверх, а затем после преодоления наиболее плотных слоев атмосферы система управления плавно поворачивает ракету в сторону цели и после достижения заданной скорости выключает двигатели. Описав на тысячекилометровой высоте своеобразную дугу (баллистическую кривую), межконтинентальная ракета с огромной скоростью устремляется вниз на цель. При этом скорость полета может достигнуть 20—25 тыс. км/час.

Следует подчеркнуть, что основная часть траектории полета ракеты проходит в безвоздушном пространстве на очень больших высотах — порядка тысячи километров над Землей, где сопротивление воздуха ничтожно. С приближением к цели и снижением ракеты воздушная оболочка Земли начинает резко тормозить ее движение. В результате трения о воздух ее корпус сильно нагревается. Поэтому внешняя оболочка ракеты изготовляется из особых высокожаропрочных и жаростойких материалов.

Вследствие высокой скорости полета нанесение удара межконтинентальной ракеты может производиться внезапно. Другим существенным качеством ракеты является большая меткость. По данным печати и на основе теоретических расчетов, можно полагать, что возможный промах ее не выходит за пределы 10—20 км. При снаряжении ракеты термоядерным зарядом такая точность обеспечит поражение любой цели. Наконец, следует учесть, что пусковые площадки межконтинентальных ракет очень невелики, легко оборудуются на любой местности и могут быть легко замаскированы. Все сказанное придает ракетам сверхдальнего действия огромную боевую мощь.

Как указано в сообщении ТАСС от 27 августа 1957 г., теперь имеется возможность пуска ракет сверхдальнего действия в любой район земного шара. Это, в частности, означает, что любой агрессор, где бы он ни находился, не может рассчитывать на неуязвимость своей территории в отношении мощных ответных ударов.

Сообщение о запуске в нашей стране сверхдальней баллистической ракеты знаменует существенный этап в развитии отечественной науки и техники и укреплении оборонной мощи Советского Союза. Вооруженные Силы

Советского Союза имеют все необходимые ракеты для обороны нашей Родины: дальнобойные ракеты, ракеты среднего радиуса действия, ракеты ближнего боя.

Американские империалисты, организуя свои военные базы в Европе и других частях света, снабжая некоторые капиталистические страны атомным оружием, видимо, рассчитывают, что в случае войны в Европе или Азии им удастся, как и прежде, отсидеться за океаном и избежать разрушительных и уничтожающих ударов. Но это слишком наивные расчеты. Сейчас расчеты на то, что отдаленность Америки предохранит ее от военных ударов в случае новой мировой войны, явно не состоятельны. Теперь, в век реактивной техники и атомной энергии, большие расстояния не будут играть решающей роли. То, что раньше было недосягаемым, сейчас стало вполне достижимым. Современные средства воздушного нападения, обладающие огромными скоростями и большой дальностью действия, способны наносить удары по военным объектам в любой точке земного шара. Средства транспортировки самого разрушительного оружия — водородного сейчас таковы, что оно мгновенно будет доставлено с помощью межконтинентальных баллистических ракет в самые отдаленные районы любого континента земного шара.

Сейчас в мире нет такого уголка, где мог бы укрыться агрессор. Советские Военно-воздушные силы способны нанести сокрушительные удары по любому противнику, где бы он ни находился, где бы он ни прятался. Некоторые деятели в США угрожают Советскому Союзу, заявляя, что они обложили нашу страну военными базами. Это верно, обложили. Но надо иметь в виду, что современная военная техника позволяет с подводных лодок и при помощи баллистических ракет обстреливать все жизненные центры США, блокировать порты Соединенных Штатов Америки. Так что США при современном развитии военной техники так же уязвимы, как уязвимы все страны. Советский Союз имеет сейчас мощные средства защиты от нападений и может нанести по агрессорам сокрушительные удары такой силы и в таких масштабах, чтобы уничтожить все военные базы, которыми окружен Советский Союз.

Советские Вооруженные Силы должны быть в совершенстве подготовлены как к противоатомной защите на-

шей Родины и войск, так и для эффективного применения атомного и водородного оружия и в случае необходимости немедля нанести по агрессорам сокрушительные ответные удары. В подготовке наших войск мы должны исходить из того, что у наших вероятных противников имеется достаточное количество этого оружия и средств доставки его на нашу территорию. Это обстоятельство обязывает наши Вооруженные Силы, особенно противовоздушную оборону страны, Военно-воздушные силы, быть всегда готовыми пресечь любую попытку агрессора осуществить внезапное нападение на нашу страну.

В иностранной печати указывается, что в военных операциях в верхних слоях атмосферы искусственный спутник Земли может быть применен как инструмент новой боевой техники, как средство нападения и защиты от межконтинентальных снарядов.

В иностранной печати указывается, что в настоящее время пока еще не созданы эффективные средства, которые могли бы быть противопоставлены создаваемым межконтинентальным боевым ракетам, с помощью которых предполагается переносить ядерные заряды на расстояние 8000 — 16 000 км на высоте более 1200 км со скоростью 6,7 км/сек, или 21 000 км/час и более.

Искусственные спутники Земли и межпланетные станции могут быть широко использованы и в качестве выносных космических пунктов будущих средств ПВО для борьбы с межконтинентальными снарядами.

Однако искусственные спутники Земли, даже стационарного типа, никогда не смогут сами по себе обеспечить военной победы, а тем более решить исход войны в целом.

Мы считаем, что военная техника, даже самая эффективная, сама по себе не может решить участь боя и операции, не может добиться победы. Исход вооруженной борьбы и в будущих войнах будут решать люди, в совершенстве владеющие боевой техникой, верящие в правоту целей войны, глубоко преданные своему правительству и всегда готовые отстоять интересы своего народа. Это целиком относится и к военному использованию искусственных спутников Земли.

При современном развитии военной техники попытка империалистов развязать мировую войну привела бы к невероятно большим разрушениям и потерям, примене-

ние атомного и водородного оружия, баллистических ракет повлекло бы за собой огромные бедствия для всего человечества. Вызвав эти бедствия, капиталистический строй обречет себя на неминуемую гибель. Народы не потерпят больше такой строй, который несет человечеству муки и страдания, развязывает кровавые захватнические войны.

Мы убеждены в том, что в результате новой войны, если она будет развязана империалистическими кругами, погибнет тот строй, который порождает войны, то есть капиталистический строй, и победит социалистический строй.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подведем итоги всему рассказанному выше.

Работы в области освоения космоса начались с появления трудов великого русского ученого К. Э. Циолковского еще в конце прошлого столетия. В них впервые была теоретически доказана возможность осуществления полетов в космос с помощью ракетного двигателя, не нуждающегося в атмосфере и способного действовать в безвоздушном пространстве.

Исследования в этой области приблизительно до 30-х годов нашего столетия носили преимущественно теоретический характер.

В 30-х годах появляются первые попытки практического осуществления высотных ракет, которые находят применение во время второй мировой войны в виде созданной немцами ракеты «Фау-2».

За послевоенные годы в результате проведения исследований и создания большого количества различных типов ракетных двигателей, ракетного топлива, отдельных приборов, развития автоматических систем управления, счетно-решающих приборов оказалось возможным перейти к созданию и запуску в СССР первых в мире искусственных спутников Земли.

Если раньше говорили, что ярко рдеют красные звезды на башнях московского Кремля, то теперь творческим трудом советского народа созданы и запущены во Вселенную новые звезды — первые в мире советские искусственные спутники Земли. Эти спутники являются вестниками прогресса, вестниками торжества советской науки и техники. Их справедливо называют спутниками мира. Совершая полет вокруг земного шара, советские спутники возвещают о высотах развития науки и тех-

ники, всей экономики Советской страны, народы которой строят новую жизнь под знаменем марксизма-ленинизма.

Академик Л. Седов указывал, что создание современных советских ракет для запуска искусственных спутников — это крупное организационное, конструкторское и научное достижение нашего времени, которое связано с большой подготовительной работой, проведенной на основе глубоких теоретических и экспериментальных исследований. Советские искусственные спутники Земли — свидетельство общей научной и технической культуры, результат большой практической работы, точных расчетов, смелых экспериментов.

Важную роль сыграло то, что первые же решения, связанные с проектированием конструкции и выбором схемы системы запуска искусственного спутника, оказались правильными. Они были найдены сразу с учетом дальнейших перспектив развития межпланетных полетов. Работа развивалась, будучи направленной всецело и только на разрешение основных задач первого этапа проблемы создания космических летательных аппаратов.

Вся подготовительная работа проведена тщательно. Отдельные элементы испытаны, изучены и проверены. Общая системы запуска была детально продумана и проанализирована. Результатом явилось то, что в Советском Союзе в 1957 г. не было неудачных попыток в запусках искусственных спутников Земли. Были произведены только две попытки, и обе успешно. Можно также отметить, что запуски советских спутников были осуществлёны несколько раньше, чем это было намечено предварительно.

При решении новых и таких сложных технических задач возможны неудачи, и никто не может надеяться всегда на безотказный успех. В декабре 1957 г. и январе 1958 г. мы являлись свидетелями затруднений с запуском искусственного спутника в США. Это еще раз подчеркивает сложность данной задачи.

Искусственные спутники и космические летательные аппараты послужат хорошей основой для начала работ в решении грандиозных задач межпланетных сообщений будущего.

Значение таких спутников для науки огромно. Их справедливо считают величайшим достижением нашего

века. Помимо того, что они являются первым шагом человечества в космос, с их помощью будет разрешен ряд загадок, относящихся к физическому строению космоса, геофизике, метеорологии, географии, астрономии, биологии, радиосвязи, телевидения и т. д. После исследований, осуществленных с помощью первых искусственных спутников, можно будет перейти к следующей стадии освоения космоса — созданию обитаемых космических ракет, искусственных спутников и межпланетных станций. Они помогут осуществить давнишнюю мечту человечества — произвести исследования наших ближайших соседей по космосу, а затем и всей солнечной системы.

Но велики и трудности, которые предстоит преодолеть. Даже создание первых необитаемых ИСЗ заставило искать решения ряда сложнейших проблем, вовсе не знакомых науке. Достаточно сказать, что биологические и физиологические вопросы, связанные с полетом в космос живых существ и человека, требуют множества экспериментов как в земных условиях, так и вне земной атмосферы. Одно только преодоление земного притяжения требует создания еще невиданных на земле скоростей.

Колоссальные расстояния, которые предстоит преодолеть космическим кораблям, огромные количества энергии, которые при этом потребуются, делают чрезвычайно сложными требования в отношении веса всех составных частей ракеты или спутника.

Громадное сопротивление воздуха, возникающее при преодолении панциря атмосферы, может создать очень высокие температуры в ракете, а это заставляет искать особо термически стойкие прочные материалы. Те же самые температурные условия ограничивают в настоящее время повышение скорости истечения газов из сопла двигателя, от которых зависит скорость ракеты.

Большое значение имеет вопрос об обеспечении ракеты или спутника источником энергии, необходимой для работы всех приборов. Идея использования для этой цели солнечной энергии, превращаемой с помощью полупроводниковых приборов в электрическую, открывает в этом направлении большие возможности, но этот вопрос еще является мало изученным и требует исследовательских работ.

Проблемы связи тоже имеют не меньшее значение, и, хотя в этой области имеются значительные достижения, их, однако, отнюдь нельзя считать окончательно решенными.

Каждому понятно, насколько важно иметь возможность управлять ракетой или спутником в полете. Ведь проведение им наблюдений, доставка на Землю результатов этих наблюдений, осуществление связи с Землей, ее фотографирование и многое другое могут быть обеспечены только в том случае, если спутник будет сохранять в полете определенное стабилизированное положение.

Ученые всего мира понимают, что разрешать такие сложнейшие проблемы будет значительно легче, когда будет обеспечено в широком масштабе научно-техническое международное сотрудничество.

С этой целью создана Международная астронавтическая федерация, в которую входят десятки стран и на ежегодных конференциях которой происходит обмен достижениями в самых различных областях.

Советские ученые, активно работая над проблемами создания новых ИСЗ, в основу этих работ вкладывают исключительно мирные цели, которые точно и ясно изложил вице-президент комитета по проведению Международного геофизического года академик И. П. Бардин на VII Международном конгрессе астронавтов, состоявшемся в Риме в октябре 1956 г.

Открытие атомной энергии, выдающиеся успехи в развитии реактивной авиации, радиолокации и электроники, техники полупроводников, создание новых жаростойких материалов, серьезные достижения в области авиационной медицины — все это позволило уже сейчас приступить к практическому решению научных и технических задач, связанных с межпланетными сообщениями.

В выполнении этой почетной задачи у нас сейчас принимают участие представители различных научно-исследовательских организаций Академии наук СССР и министерств. Советские люди полны уверенности в том, что наша наука и наши производственные организации успешно решат эту грандиозную проблему.

В. И. Ленин, раскрывая на третьем Всероссийском съезде Советов величественную картину грядущего социалистического строительства, говорил: «Раньше весь человеческий ум, весь его гений творил только для того, чтобы

дать одним все блага техники и культуры, а других лишить самого необходимого — просвещения и развития. Теперь же все чудеса техники, все завоевания культуры станут общенародным достоянием, и отныне никогда человеческий ум и гений не будут обращены в средства насилия, в средства эксплуатации».

Советский народ славит своих ученых, отдающих все свои силы и знания, все завоевания науки и культуры на благо трудящихся. В новых выдающихся успехах советской науки он видит залог дальнейшего развития плодотворного творчества советских ученых и специалистов в интересах мира и прогресса. Только так воспринимают эти успехи трудящиеся стран социалистического лагеря и все прогрессивное человечество.

Сейчас становится на ноги космонавтика — наука о межпланетных сообщениях. Еще недавно ее рассматривали как отвлеченную игру ума, интересную и занимательную, но совершенно не применимую в практической действительности. Теперь она впервые в истории человечества получает реальную базу. Советские искусственные спутники Земли показали великую силу человеческого гения. Мысль развивается дальше, и сейчас уже производятся расчеты наивыгоднейших траекторий полетов на Луну и на планеты с минимальной затратой энергии дополнительно к той, которая требуется для отрыва от Земли.

Именно верой в реальную возможность овладения космическим пространством можно объяснить ежедневный поток писем в Комиссию по межпланетным сообщениям при Президиуме Академии наук СССР от граждан, желающих принять активное и непосредственное участие в разработке проблем астронавтики, чтобы принести максимальную пользу в этом новом наступлении человека на неизведанные силы природы.

В Москве и других городах Советского Союза организованы астронавтические группы и кружки, ставящие своей целью изучение и разработку вопросов дальнейшего развития астронавтики. Активную деятельность в этой области проводит общество астронавтов Центрального Авиационного клуба СССР имени В. П. Чкалова, которое имеет связи с астронавтическими обществами, созданными более чем в двадцати странах мира.

Как и всегда, в этом отношении особый интерес к трудным и, может быть, небезопасным делам проявляет советская молодежь, выбирающая свою будущую профессию. Многие ее представители хотели бы посвятить свой жизненный путь делу борьбы за овладение космосом, делу, которому отдал все свои силы наш великий соотечественник — отец астронавтики Константин Эдуардович Циолковский.

Достойными продолжателями великих работ Циолковского являются его ученики, под руководством которых и запущены первые советские искусственные спутники Земли, а затем будет запущен и первый межпланетный корабль, который совершит полет на Луну с успешным возвращением на Землю.

Свидетелями реального воплощения в жизнь этих огромных достижений науки и техники, безусловно, будем являться мы с вами, читатель, в ближайшие годы.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Академик А. Н. НЕСМЕЯНОВ

Президент Академии наук Союза ССР

ПРОБЛЕМА СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ

Последнее десятилетие ознаменовалось необычайным прогрессом науки и техники.

Открытие атомной энергии и возможности ее использования, успехи ракетной техники, реактивной авиации, радиолокации и электроники — все это позволяет приступить к осуществлению ряда научных и технических задач, связанных с межпланетными сообщениями.

Теоретически вопрос о возможности посылки космического корабля за пределы земной атмосферы был решен еще в начале двадцатого столетия нашим замечательным соотечественником К. Э. Циолковским, доказавшим, что средством для такого путешествия может быть только ракета — летательный аппарат, приводимый в движение реактивным двигателем, создающим тягу за счет выбрасывания струи раскаленных газов. К. Э. Циолковским было указано также, что первым и необходимым этапом на пути осуществления межпланетных полетов будет создание искусственного спутника Земли.

Однако с самого начала на пути осуществления первого космического полета встретились большие технические трудности, над преодолением которых в течение многих лет упорно работали крупные коллективы ученых и инженеров.

Необходимо было создать мощный двигатель, надежно работающий достаточно продолжительное время в чрезвычайно напряженных термических условиях, а также легкую и прочную конструкцию ракеты, способную выдержать большие нагрузки во время полета. При этом параметры конструкции ракеты, двигателя и топлива для него должны быть в совокупности таковы, чтобы ракета достигла скорости минимум 8 километров в секунду. Лишь при достижении такой скорости имеется возможность создать искусственный спутник Земли и тем самым осуществить первый шаг в покорении мирового пространства.

Необходимо было разработать оптимальные режимы движения ракеты, обеспечивающие выведение спутника на орбиты с высотой в несколько сот километров.

Чтобы обеспечить заданный режим движения ракеты и выведение спутника на заданную орбиту, необходимо было разработать и создать весьма точную систему автоматического управления ракетой, надежно работающую в сложных условиях полета.

Преодоление технических трудностей, которые возникали в процессе решения этой проблемы подчас весьма неожиданно, было возможно лишь при проведении большой научной работы. Исследования в области аэродинамики сверхзвуковых скоростей и в области радиотелеуправления, теоретические работы по динамике движения ракет и по теории автоматического регулирования, изыскание новых легких, прочных и жаростойких материалов, новых высококалорийных топлив и т. д. — все это явилось тем фундаментом, без которого невозможно было создание ракеты, пригодной для решения проблемы искусственного спутника Земли и в дальнейшем — осуществления межпланетного полета.

Создание самого искусственного спутника, как носителя научной аппаратуры, явилось задачей, решение которой оказалось возможным лишь при условии использования новейших достижений науки и техники в самых различных областях. Необходимо было изыскать малогабаритные и легкие источники энергии, малогабаритную и легкую аппаратуру для связи и телеметрии, а также автоматическую и телеуправляемую научную аппаратуру, надежно работающую продолжительное время в условиях межпланетного пространства.

В результате многолетней работы советских ученых и инженеров к настоящему времени созданы ракеты, а также все необходимое оборудование и аппаратура, с помощью которых решена проблема искусственного спутника Земли для научно-исследовательских целей.

Первый советский искусственный спутник будет двигаться на сравнительно небольшом расстоянии от поверхности Земли (порядка нескольких сотен километров). Благодаря этому станут возможными научные исследования явлений, происходящих в верхних слоях атмосферы.

Известно, какую огромную роль во всех вопросах физики верхних слоев атмосферы играет ионосфера — эта таинственная лаборатория, в недрах которой зарождаются многие явления, происходящие в верхней атмосфере. Ученые нуждаются в получении большого числа экспериментальных данных для уяснения природы корпускулярного излучения Солнца и других явлений. В связи с этим до настоящего времени остаются дискуссионными многие вопросы, связанные с выяснением той роли, которую играют в формировании ионосферы ультрафиолетовые и аналогичные рентгеновским лучи Солнца и космическое излучение. Нам неизвестна структура атмосферы на больших высотах, ее температура, давление и плотность, — параметры, знание которых важно не только ученым, но и инженерам, например, для расчета движения высотных летательных аппаратов.

В свете последних, в первую очередь ракетных, исследований со всей очевидностью стало ясно, насколько недостаточны наши знания о физике ионосферы. Эти исследования показали, что необходимы принципиально новые пути в изучении верхних слоев атмосферы как с точки зрения теории, так и эксперимента.

С помощью нового раздела теоретической физики — магнитогидродинамики — были высказаны интересные догадки и гипотезы о происхождении космических лучей, полярных сияний и о других явлениях в верхних слоях атмосферы. Однако теория образования ионосферы, согласующаяся с опытными данными, все еще отсутствует.

Большие возможности открывают здесь высотные пуски ракет, позволяющие непосредственно измерять некоторые из параметров атмосферы.

У нас в СССР с помощью таких пусков производилось измерение электронной концентрации в ионосфере, давления и плотности атмосферы и т. д.

Эти измерения дали интересный фактический материал. Существенным недостатком таких измерений является их кратковременность. Возникает необходимость разработки методов научного исследования, позволяющих длительное время проводить эксперимент в верхних слоях атмосферы. Эта возможность открывается созданием искусственного спутника Земли.

В Международном геофизическом году предполагается осуществить запуск нескольких таких спутников как в СССР, так и в США, с помощью которых будет осуществлена обширная программа научных исследований.

К числу таких исследований относится прежде всего изучение первичного космического излучения. Известно, что первичное космическое излучение в основном состоит из ядер водорода (протонов) и ядер гелия (альфа-частицы) и в значительно меньшем количестве из более тяжелых ядер (углерод, азот, кислород и др.). Одним из обсуждаемых свойств первичного космического излучения является сходство между кривой средней распространенности элементов во вселенной и кривой распределения по зарядам первичной компоненты космического излучения. Такие элементы, как литий, бериллий и бор, являются редкими в природе, и вопрос о количестве этих ядер в составе первичного космического излучения экспериментально еще не решен. В связи с этим изучение свойств первичного космического излучения может пролить свет на вопросы о времени блуждания космических частиц в мировом пространстве и прохождении космических лучей.

К этому же кругу вопросов следует отнести излучение вариаций интенсивности космических лучей на различных высотах и в различных областях, в которых будет пролетать искусственный спутник Земли. Изучение этих явлений имеет существенное значение для проблемы происхождения космических лучей и астрофизических проблем, в частности для выяснения связи вариаций со вспышками на Солнце, с возмущениями магнитного поля Земли.

Одной из задач, относящихся к исследованию структуры ионосферных слоев, является определение концентрации ионов. Экспериментально установлено, что эта концентрация меняется с высотой. В связи с этим представляет исключительный интерес получение сведений об ионизации атмосферы вдоль орбиты спутника.

Из других ионосферных измерений следует отметить масс-спектрометрические измерения ионного состава ионосферы с целью определения и уточнения ее химической структуры.

К числу замечательных геофизических явлений относятся флюктуации (колебания) магнитного поля Земли. Измерения, произведенные на поверхности Земли, а также с помощью ракет, показали, что земное магнитное поле не остается постоянным во времени, что существуют так называемые вековые и короткопериодические вариации магнитного поля. Природа вековых вариаций во многом еще остается загадочной. Что касается короткопериодических вариаций, то причины их образования в настоящее время

связывают с существованием в верхних слоях атмосферы систем электрических токов, измеряемых сотнями тысяч ампер. Например, предполагается, что система токов, вызывающая солнечно-суточные вариации магнитного поля, располагается на высоте 100—120 километров.

В связи с этим представляет исключительный интерес изучение изменения напряженности магнитного поля на больших высотах, так как такое изучение даст в руки ученых новые данные о существовании различного типа короткопериодических вариаций и связанных с ними атмосферных токов.

Этот интерес подчеркивается еще и тем обстоятельством, что магнитные вариации связаны известными закономерностями с другими физическими явлениями: полярными сияниями, распространением радиоволн, вариациями космических лучей и т. д. Особенно тесной является связь магнитных возмущений с полярными сияниями. Предполагается, что оба явления вызываются корпускулярным излучением Солнца. Однако природа и интенсивность корпускулярного излучения изучены недостаточно. Вместе с тем теории полярных сияний существенно опираются на то или иное предположение относительно природы частиц, выбрасываемых Солнцем. Поэтому вопрос о природе и интенсивности корпускулярного излучения остается весьма важным, от решения которого в значительной степени зависят наши представления о возникновении полярных сияний и других явлений в верхних слоях атмосферы.

Важной задачей в исследованиях с помощью искусственного спутника Земли является изучение микрометеоров и метеоров. Эти твердые частицы, движущиеся, например, со скоростью относительно Земли 50—70 километров в секунду, представляют интерес не только для геофизиков и астрономов, но и для конструкторов ракет и спутников, так как их действие должно учитываться при разработке и конструировании самого спутника. Расчеты показывают, что даже небольшие частицы способны пробить наружную обшивку спутника. В связи с этим необходимо знать, какова интенсивность микрометеоров, а также какова их энергия. Получение спектра микрометеоров и метеоров по их массам позволило бы сделать определенное заключение о «метеорной опасности», чрезвычайно важной проблеме для будущих межпланетных сообщений.

Мы остановились только на некоторых из экспериментов, проведение которых будет осуществлено советскими учеными с помощью искусственных спутников Земли. Результаты, полученные с помощью искусственных спутников Земли, значительно дополнят научные данные, которые будут накопляться в Международном геофизическом году.

Обеспечение необходимых условий для нормальной работы научной аппаратуры находится в центре внимания наших ученых и инженеров так же, как и целый ряд других вопросов, от успешного решения которых зависит качество поставленных экспериментов Создание и запуск искусственных спутников Земли является первым и важным этапом в деле осуществления межпланетных полетов.

Создание и запуск советских искусственных спутников Земли с научными целями в Международном геофизическом году сыграет исключительную роль в объединении усилий ученых различных стран в борьбе за покорение сил природы.

(Газета «Правда» от 1 июня 1957 г.)

Академик Л. И. СЕДОВ

ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

1 июля 1957 года начался Международный геофизический год, который будет продолжаться до конца 1958 года. Это — большое событие в науке о Земле и земной атмосфере. За полтора года во многих странах мира намечено выполнить огромный комплекс разносторонних исследований нашей планеты.

Крупным и, может быть, даже центральным событием геофизического года, связанным с новым этапом в развитии техники и науки о летательных аппаратах, будет запуск искусственных спутников Земли. Официальные заявления о запуске спутников сделаны в двух странах — в Советском Союзе и США.

Еще два года назад проблема космических полетов и создания искусственных спутников Земли представлялась в значительной степени фантастической. И только специалисты на основании расчетов и опыта использования реактивной техники готовили проекты ракет, которые могут летать на высоте в несколько сот километров с огромными скоростями, необходимыми для того, чтобы осуществить запуск искусственного спутника Земли.

Осуществление этих проектов встречает очень серьезные технические трудности. Тем не менее с помощью составных ракет в настоящее время вполне возможно достичь требуемых высот и скоростей.

Составная ракета представляет собой в сущности систему ракет, действующих последовательно. Например, трехступенчатая ракета скомбинирована из трех ракет, которые движутся вначале совместно. На старте вводится в действие первая, основная ракета. Затем, выполнив свою задачу, она отделяется, и в этот момент включается вторая ракета. После того как она выполнит свою функцию, она тоже отделяется, и тогда вступает в действие последняя, третья ракета. В результате становится возможным забросить на необходимую высоту с необходимой большой скоростью специальное тело — спутник Земли, начиненный сложной аппаратурой для научных исследований и для связи с Землей.

Следует иметь в виду, что при решении этой задачи возникают большие трудности, связанные с точностью и надежностью аппаратуры. Достаточно сказать, что при скорости порядка 8 тысяч метров в секунду ошибка в получении величины скорости до нескольких десятков метров в секунду или ошибка по углу наклона, то есть по нужному направлению движения ракеты к горизонту, в один — два градуса может привести в другом месте орбиты к снижению высоты по сравнению с расчетной более чем на 100 километров. При неправильных величине или направлении скорости спутник Земли может не выйти на требуемую орбиту, попасть в более плотную атмосферу и сгореть там, как метеор.

Необходимо разрешить ряд сложнейших задач, связанных с проведением исследовательских работ на спутнике, передачей результатов измерений на Землю и поддержанием постоянной радиосвязи со спутником. Малые габариты и малый вес всех приборов и аппаратов — основная характерная особенность постановки этих опытов.

Задача снижения веса конструкции и оборудования — одна из важнейших в авиации. В авиации в этом направлении имеются боль-

шие достижения. Там создана так называемая «культура веса», которая оказывает свое благотворное влияние на другие области техники. Однако для космических ракет и для искусственного спутника проблема веса имеет особую остроту и ставится заново. Каждый килограмм веса спутника требует несколько сотен килограммов веса различных вспомогательных конструкций, веса горючего и окислителя.

Для создания космических ракет требуются кардинально новые технические решения, основанные на использовании последних достижений науки и техники с применением полупроводников в радиотехнике, в телеаппаратуре и в точной автоматике. Необходима специальная автоматизированная аппаратура для исследовательских работ. В частности, нужны специальные счетчики Гейгера для изучения свойств космических лучей, счетчики фотонов для восприятия ультрафиолетового излучения Солнца. Особая аппаратура требуется для исследования магнитного поля Земли. Нужны датчики температуры и давления внутри спутника и многие другие приборы.

Чтобы иметь возможность поддерживать длительную радиосвязь со спутником и обеспечивать работу его приборов, на нем должен быть аккумулирован значительный запас энергии. Отсюда возникает необходимость создания легких источников энергии большой емкости.

Для последующего развития техники космических полетов проблема новых источников энергии очень важна. В этой области необходимо продолжать вести многочисленные исследовательские работы.

Большое значение приобретают также работы по наблюдению спутника. Он будет делать по своей неподвижной в пространстве траектории полный оборот приблизительно за $1^1/_2$ часа. Благодаря вращению Земли появится возможность наблюдать его движение с самых разнообразных точек земной поверхности.

Длительное существование спутников, по-видимому, возможно только на высотах свыше двухсот километров. Более плотные слои воздуха на высотах в 80—150 километров могут быстро затормозить движение тела. Однако этот промежуток высот также представляет большой интерес для научных исследований.

В настоящее время уже имеются проекты летательных аппаратов для этих высот. Это так называемые саттеллоиды, которые представляют собой промежуточное звено между обычной ракетой и спутником. В отличие от спутника, который после запуска (если не учитывать сопротивления атмосферы) всецело движется по законам небесной механики без дополнительной тяги, саттеллоид необходимо снабжать двигателем, тяга которого будет регулировать подъем или снижение аппарата. Расчеты показывают, что для поддержания движения саттеллоида на высотах примерно ста километров требуется небольшой запас горючего.

Первые спутники, потеряв часть скорости от сопротивления воздуха при движении по орбите, упадут в плотные слои воздуха, где и сгорят из-за аэродинамического нагрева. Ввиду этого мы в настоящее время можем рассчитывать получить со спутника только ту информацию, которую можно передать, пользуясь радиосвязью. Это значительно ограничивает полноту сведений. Сейчас ученые делают попытки решить проблему возвращения спутника с его орбиты на Землю. Этот вопрос становится уже фундаментальным при любом

проектировании полета человека на спутнике и вообще при будущих космических полетах с экипажем.

Вероятность столкновения спутника с метеорами, размеры которых опасны, мала. Однако есть еще опасность воздействия космических лучей на живые организмы при долгом пребывании их над земной атмосферой и в межпланетном пространстве. Толстый слой воздуха в атмосфере надежно предохраняет нас от их вредного влияния.

В программах работ ближайшего будущего должно быть уделено много внимания проблеме изучения действия космических лучей на живые организмы в условиях космических полетов. Наряду с этим необходимо углубить ряд данных авиационной медицины о воздействии на человека условий запуска и условий длительного полета в космических ракетах. В частности, нужно иметь в виду, что на спутнике все предметы будут невесомыми. В настоящее время предложены проекты искусственных спутников, в которых тяжесть создается искусственно.

В последние годы интенсивно проводились исследования верхних слоев атмосферы при помощи ракет, в частности ракет с собаками, которые благополучно спускались на Землю с помощью парашютов. Недостаток таких исследований заключается в кратковременности пребывания ракет на больших высотах.

Решение проблемы создания искусственного спутника Земли, как автоматической лаборатории длительного действия, явится первым этапом в осуществлении межпланетных полетов.

Великий русский ученый К. Э. Циолковский еще в одной из своих ранних работ «Исследование мировых пространств реактивными приборами» обрисовал широкие возможности ракет и их особое значение для выхода человека за пределы атмосферы. Однако применение ракет в этих целях требовало такого высокого развития техники, которого еще не было в тот период.

Многие научные работы в настоящее время посвящены более отдаленным проектам исследований в околосолнечном пространстве. Оцениваются возможности полета корабля с экипажем. Рассчитываются наиболее выгодные траектории для полета с посадкой на Луне, полета на Марс и другие планеты. Такого рода оценки полезны уже в настоящее время.

Например, расчеты показывают, что для полета к Луне с посадкой и возвращением на Землю при современном состоянии ракетной техники потребовалось бы отправить с Земли ракетный поезд весом в несколько миллионов тонн. Фантастичность создания такого поезда привела к идее организации промежуточной станции на искусственном спутнике Земли. Полет с такой промежуточной станции с возвращением на нее потребует уже более приемлемого стартового веса ракетного поезда.

После освоения при помощи спутников верхних слоев атмосферы станет возможным в дальнейшем полет к Луне.

Отметим особо проекты облета Луны без посадки на нее. Они более реальны и, очевидно, могут быть осуществлены в ближайшие годы. В связи с этим исследования оптимальных траекторий такого полета, которые проводятся у нас в Советском Союзе и за рубежом, приобретают уже практическое значение.

Развитие науки и техники в сочетании с мощью нашей индустрии является залогом успеха в осуществлении давнишней мечты человечества — исследований межпланетного пространства.

(Газета «Правда» от 12 июня 1957 г.)

СООБЩЕНИЕ ТАСС

В соответствии с планом научно-исследовательских работ в Советском Союзе произведены успешные испытания межконтинентальной баллистической ракеты, а также взрывы ядерного и термоядерного оружия.

I

На днях осуществлен запуск сверхдальней, межконтинентальной, многоступенчатой баллистической ракеты.

Испытания ракеты прошли успешно, они полностью подтвердили правильность расчетов и выбранной конструкции. Полет ракеты происходил на очень большой, еще до сих пор не достигнутой высоте. Пройдя в короткое время огромное расстояние, ракета попала в заданный район.

Полученные результаты показывают, что имеется возможность пуска ракет в любой район земного шара. Решение проблемы создания межконтинентальных баллистических ракет позволит достигать удаленных районов, не прибегая к стратегической авиации, которая в настоящее время является уязвимой для современных средств противовоздушной обороны.

Учитывая огромный вклад в развитие науки и большое значение этого научно-технического достижения для укрепления обороноспособности Советского государства, Советское правительство выразило благодарность большому коллективу работников, принимавших участие в разработке и изготовлении межконтинентальных баллистических ракет и комплекса средств, обеспечивающих их запуск.

II

В последние дни в Советском Союзе произведен ряд взрывов ядерного и термоядерного (водородного) оружия. В целях обеспечения безопасности для населения, взрывы были осуществлены на большой высоте. Испытания прошли успешно.

В связи с указанными выше испытаниями ТАСС уполномочен заявить:

В течение многих лет в Организации Объединенных Наций безрезультатно обсуждается проблема разоружения, включая вопрос о запрещении атомного и водородного оружия и вопрос о прекращении его испытаний.

Советское правительство, неуклонно проводя политику мира, не раз вносило конкретные предложения о существенном сокращении вооруженных сил и вооружений государств, о запрещении атомного и водородного оружия, о прекращении испытаний этих видов оружия и о других мерах, связанных с проблемой разоружения. Однако со стороны западных держав до сих пор не сделано никаких реальных шагов в области разоружения. Наоборот, с их стороны чинятся всякого рода препятствия на пути к достижению соглашений по этой важнейшей проблеме современности.

Как известно, Соединенные Штаты и их партнеры не только отказываются от запрещения атомного и водородного оружия, но и

фактически не желают идти на соглашение о безусловном и безотлагательном прекращении испытаний ядерного оружия, проводя тем временем большие серии испытаний этого оружия.

Столкнувшись с таким явно отрицательным отношением западных держав, и прежде всего США, к положительному решению вопроса о разоружении, Советское правительство вынуждено принимать все необходимые меры в целях обеспечения безопасности Советского государства.

Вместе с тем Советское правительство будет продолжать настойчиво добиваться соглашения о прекращении испытаний и запрещении атомного оружия, по проблеме разоружения в целом, в положительном решении которой заинтересованы все народы мира.

(Газета «Правда» от 27 августа 1957 г.)

СООБЩЕНИЕ ТАСС

В течение ряда лет в Советском Союзе ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию искусственных спутников Земли.

Как уже сообщалось в печати, первые пуски спутников в СССР были намечены к осуществлению в соответствии с программой научных исследований Международного геофизического года.

В результате большой напряженной работы научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро **создан первый в мире искусственный спутник Земли.** 4 октября 1957 года в СССР произведен успешный запуск первого спутника. По предварительным данным, ракета-носитель сообщила спутнику необходимую орбитальную скорость около 8000 метров в секунду. В настоящее время спутник описывает эллиптические траектории вокруг Земли и его полет можно наблюдать в лучах восходящего и заходящего Солнца при помощи простейших оптических инструментов (биноклей, подзорных труб и т. п.).

Согласно расчетам, которые сейчас уточняются прямыми наблюдениями, спутник будет двигаться на высотах до 900 километров над поверхностью Земли; время одного полного оборота спутника будет 1 час 35 минут, угол наклона орбиты к плоскости экватора равен 65°. Над районом города Москвы 5 октября 1957 года спутник пройдет дважды — в 1 час 46 мин. ночи и в 6 час. 42 мин. утра по московскому времени. Сообщения о последующем движении первого искусственного спутника, запущенного в СССР 4 октября, будут передаваться регулярно широковещательными радиостанциями.

Спутник имеет форму шара диаметром 58 см и весом 83,6 кг. На нем установлены два радиопередатчика, непрерывно излучающие радиосигналы с частотой 20,005 и 40,002 мегагерц (длина волны около 15 и 7,5 метра соответственно). Мощности передатчиков обеспечивают уверенный прием радиосигналов широким кругом радиолюбителей. Сигналы имеют вид телеграфных посылок длительностью около 0,3 сек. с паузой такой же длительности. Посылка сигнала одной частоты производится во время паузы сигнала другой частоты.

Научные станции, расположенные в различных точках Советского Союза, ведут наблюдение за спутником и определяют элементы его траектории. Так как плотность разреженных верхних

слоев атмосферы достоверно неизвестна, в настоящее время нет данных для точного определения времени существования спутника и места его вхождения в плотные слои атмосферы. Расчеты показали, что вследствие огромной скорости спутника в конце своего существования он сгорит при достижении плотных слоев атмосферы на высоте нескольких десятков километров.

В России еще в конце 19 века трудами выдающегося ученого К. Э. Циолковского была впервые научно обоснована возможность осуществления космических полетов при помощи ракет.

Успешным запуском первого созданного человеком спутника Земли вносится крупнейший вклад в сокровищницу мировой науки и культуры. Научный эксперимент, осуществляемый на такой большой высоте, имеет громадное значение для познания свойств космического пространства и изучения Земли как планеты нашей солнечной системы.

В течение Международного геофизического года Советский Союз предполагает осуществить пуски еще нескольких искусственных спутников Земли. Эти последующие спутники будут иметь увеличенные габарит и вес, и на них будет проведена широкая программа научных исследований.

Искусственные спутники Земли проложат дорогу к межпланетным путешествиям, и, по-видимому, нашим современникам суждено быть свидетелями того, как освобожденный и сознательный труд людей нового, социалистического общества делает реальностью самые дерзновенные мечты человечества.

(Газета «Правда» от 5 октября 1957 г.)

СОВЕТСКИЙ ИСКУССТВЕННЫЙ СПУТНИК ЗЕМЛИ

4 октября 1957 г. весь мир стал свидетелем выдающегося события — в Советском Союзе был осуществлен успешный запуск первого искусственного спутника Земли. Сообщение о запуске спутника было получено во всех уголках земного шара. Прохождение его зарегистрировано многими наблюдателями на всех континентах. Создание спутника явилось результатом длительной, упорной исследовательской и конструкторской работы, в которой приняли участие большие коллективы советских ученых, инженеров, работников промышленности.

Теоретически вопрос о возможности посылки космического корабля за пределы земной атмосферы был решен в начале двадцатого столетия выдающимся русским ученым К. Э. Циолковским, доказавшим, что средством для космического полета должна быть ракета. В трудах К. Э. Циолковского был разработан ряд кардинальных проблем межпланетного полета и было указано, что создание искусственного спутника Земли явится первым и необходимым этапом.

Создание искусственного спутника Земли потребовало решения ряда сложнейших и принципиально новых научно-технических проблем. Наибольшие трудности встретились при разработке ракеты-носителя для вывода спутника на орбиту. Для запуска спутника создана ракета-носитель, обладающая высоким конструктивным совершенством. Созданы мощные двигатели, работающие при трудных термических условиях. Разработаны оптимальные режимы

движения ракеты, обеспечивающие наиболее эффективное ее использование. Для обеспечения заданного закона движения ракеты, необходимого для выведения спутника на орбиту, разработана весьма точная и эффективная система автоматического управления ракетой.

Решение этих, а также многих других сложнейших задач оказалось возможным лишь в результате использования новейших достижений науки и техники в самых различных областях и в первую очередь благодаря высокому техническому уровню ракетостроения в СССР. Создание искусственного спутника Земли в столь короткие сроки было обеспечено высоким уровнем научно-технического потенциала в нашей стране, четкой и организованной работой научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро и промышленных предприятий.

Запуску спутника предшествовала также большая экспериментальная работа, связанная с созданием и отработкой как отдельных агрегатов, так и всей системы в комплексе. Успешный запуск спутника полностью подтвердил правильность расчетов и основных технических решений, принятых при создании ракеты-носителя и спутника.

Запуск первого спутника открывает широкую программу научных исследований, которая будет продолжена в течение Международного геофизического года на ряде последующих искусственных спутников, при создании которых предусматривается дальнейшее увеличение их веса и размеров. Создание спутника является первым шагом в завоевании межпланетного пространства и осуществлении космических полетов.

Спутник имеет форму шара. Он был размещен в передней части ракеты-носителя и закрыт защитным конусом. Ракета со спутником стартовала вертикально. Через небольшое время после старта при помощи программного устройства ось ракеты начала постепенно отклоняться от вертикали. В конце участка выведения на орбиту ракета находилась на высоте нескольких сот километров и двигалась параллельно земной поверхности со скоростью около 8000 метров в секунду. После окончания работы двигателя ракеты защитный конус был сброшен, спутник отделился от ракеты и начал двигаться самостоятельно.

В настоящее время вокруг Земли движется снабженный аппаратурой спутник, а также ракета-носитель и защитный конус. Так как скорость отделения конуса от спутника и спутника от ракеты не велика, носитель и конус в течение некоторого времени находились от спутника на сравнительно небольшом расстоянии, двигаясь вокруг Земли по орбитам, близким к орбите спутника. Затем, вследствие разности периодов обращения, получающейся как за счет относительной скорости в момент отделения, так и за счет различной степени торможения в атмосфере Земли, все три тела разошлись и в процессе дальнейшего движения в один и тот же момент времени могут оказаться находящимися над совершенно различными точками земной поверхности.

Орбита спутника

Орбита спутника представляет собой в первом приближении эллипс, один из фокусов которого находится в центре Земли. Высота полета спутника над поверхностью Земли не остается постоянной, а периодически изменяется, достигая наибольшего значения, примерно

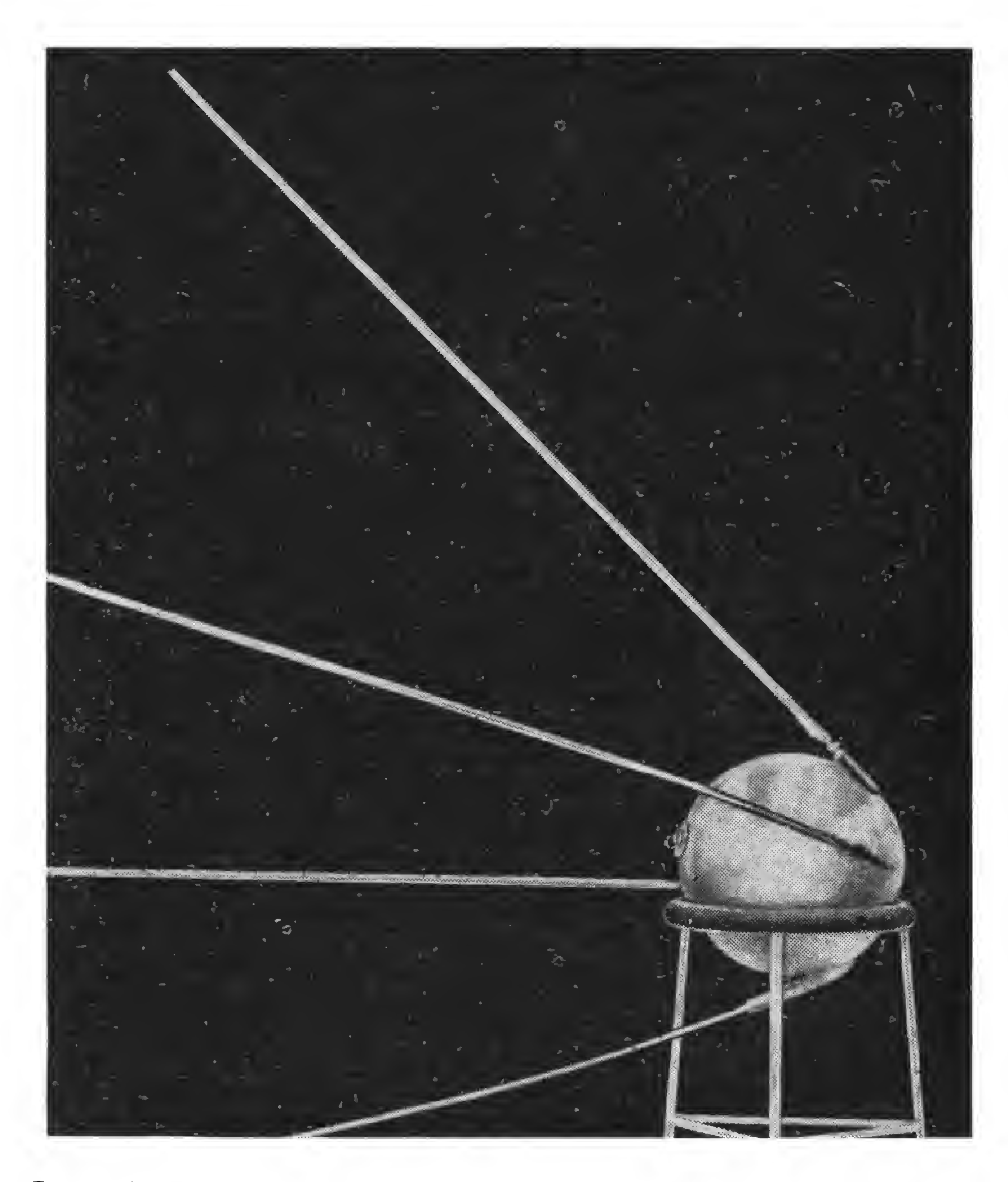


Рис. 75. Советский искусственный спутник Земли (спутник сфотографирован на подставке)

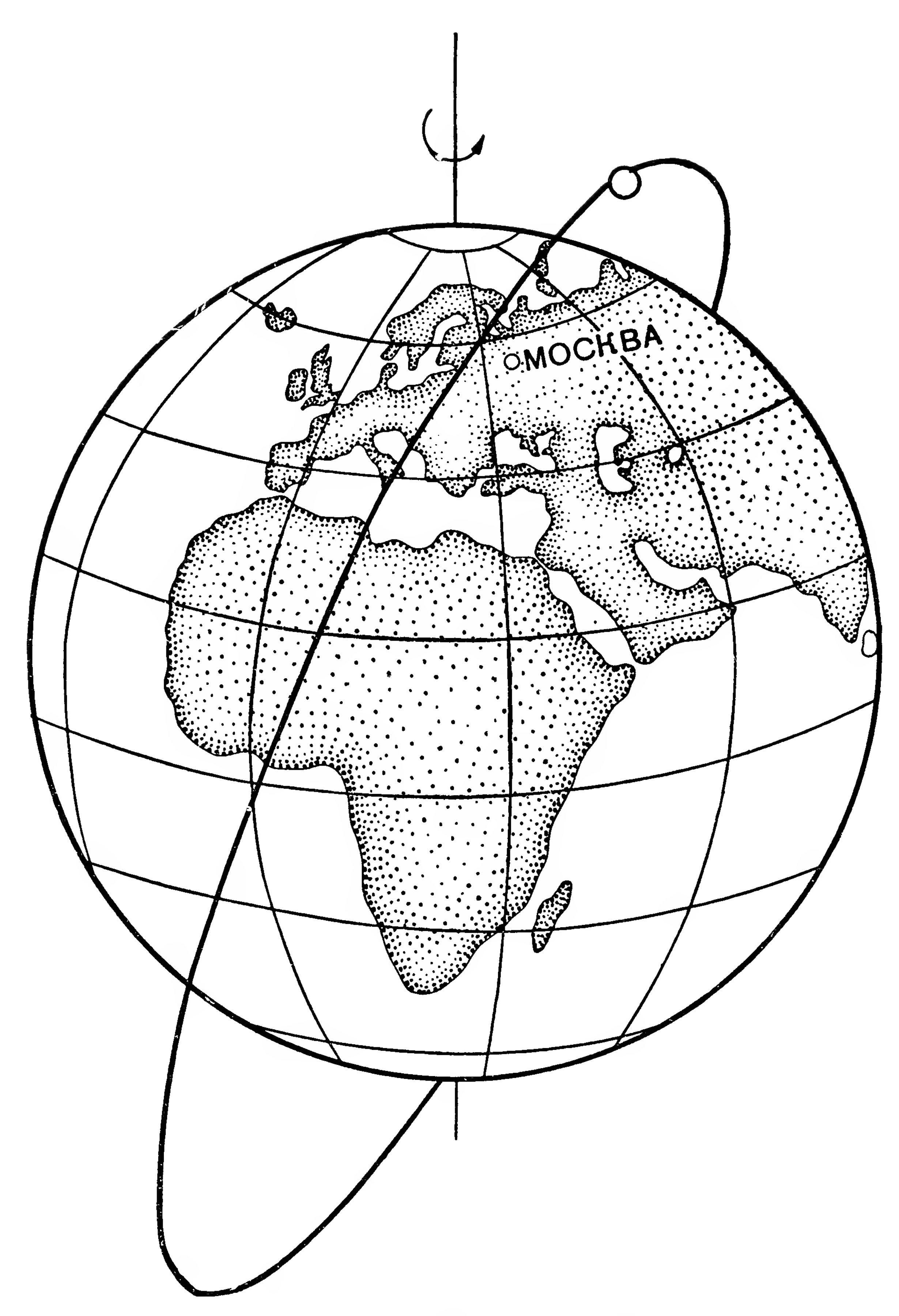


Рис. 76. Орбита спутника

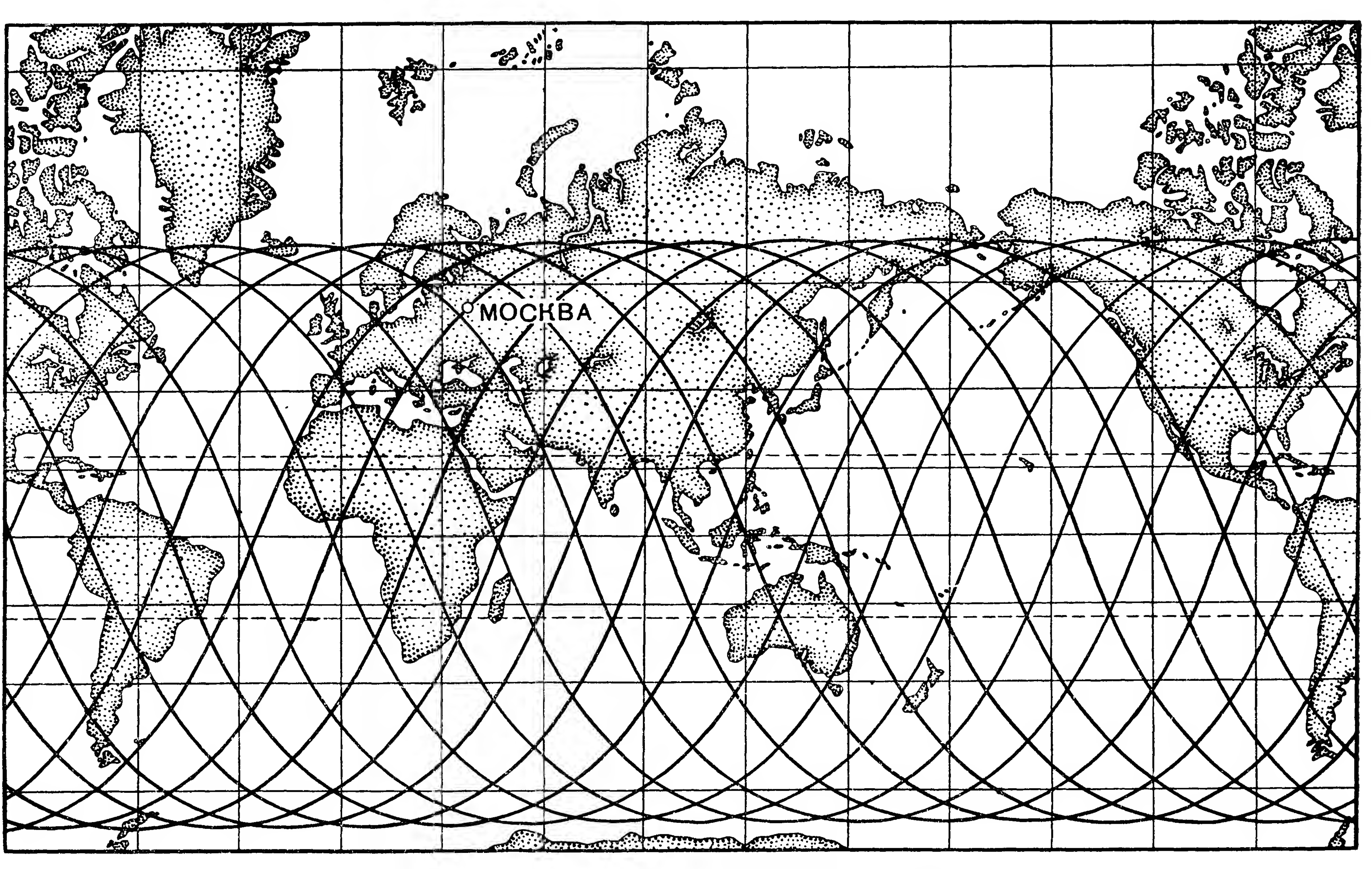


Рис. 77. Схема движения спутника за сутки

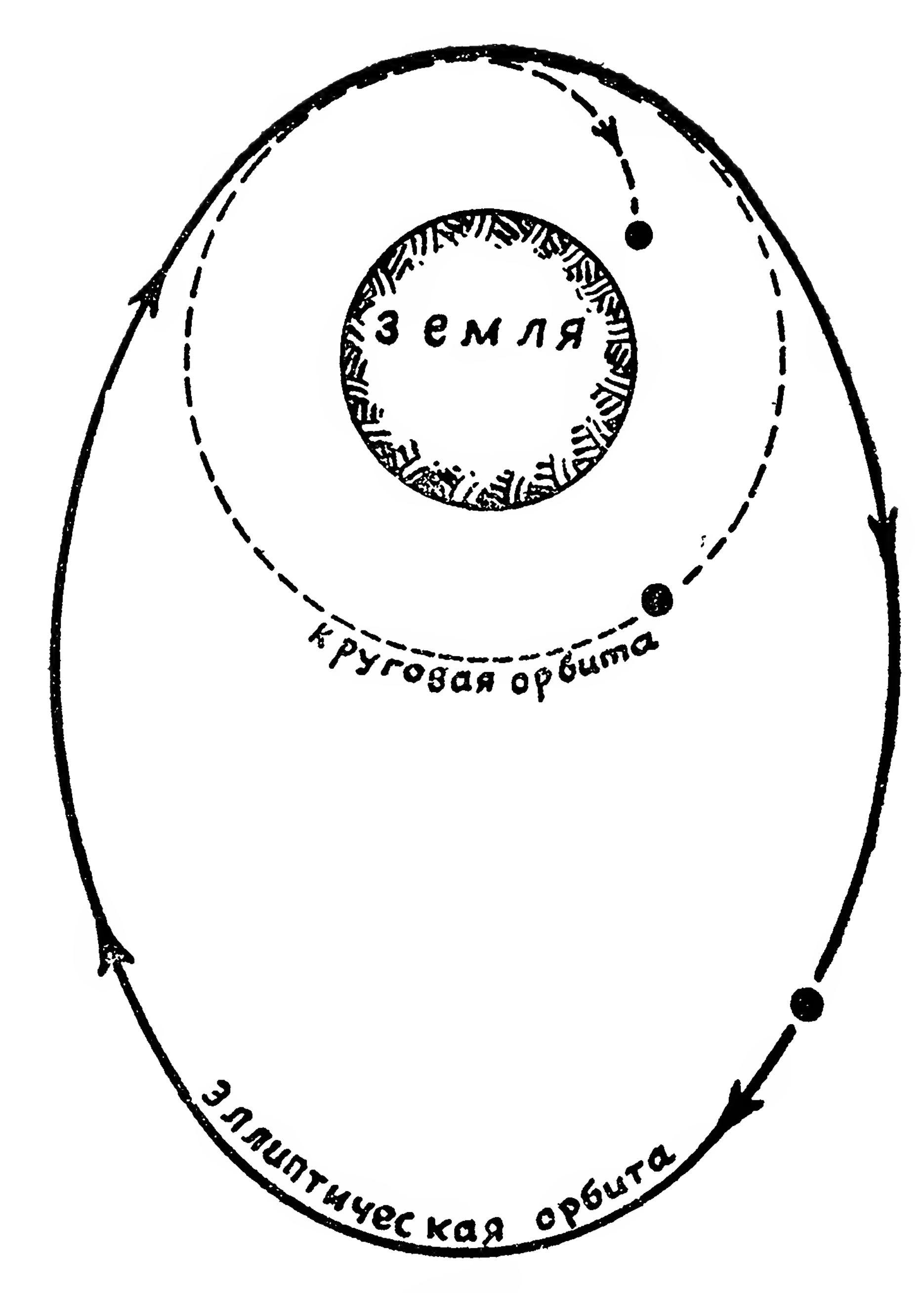


Рис. 78. Возможные орбиты ИСЗ

тысячи километров. В настоящее время перигей орбиты (ее наинизшая точка) находится в северном полушарии Земли, а апогей (наивысшая точка орбиты) — в южном полушарии.

Ориентация плоскости орбиты относительно неподвижных звезд остается почти постоянной. Так как Земля вращается вокруг своей оси, то на каждом следующем витке спутник должен оказываться над другим районом, смещаясь за один виток примерно на 24° по долготе. Фактическое смещение по долготе будет несколько больше, так как вследствие отклонения поля тяготения от центрального плоскость орбиты будет медленно поворачиваться вокруг оси Земли в направлении, противоположном ее вращению. Это движение плоскости орбиты невелико и составляет примерно четверть градуса по долготе за один оборот. В результате относительного движения Земли и плоскости орбиты каждый следующий виток будет проходить западнее предыдущего на широте Москвы примерно на 1500 км. В экваториальной области смещение больше и будет составлять около 2500 километров.

Плоскость орбиты наклонена к плоскости земного экватора под углом 65°. В связи с этим трасса спутника проходит над районами Земли, находящимися приблизительно между Северным и Южным полярными кругами. Вследствие вращения Земли вокруг оси угол наклона трассы к экватору отличается от угла наклонения плоскости орбиты. Приходя в северное полушарие, трасса пересекает экватор под углом 69° в направлении на северо-восток. Затем трасса постепенно заворачивает все больше на восток и, коснувшись параллели, отвечающей 65° северной широты, отклоняется к югу и пересекает экватор в направлении на юго-восток под углом 69°. В южном полушарии трасса касается параллели, отвечающей 65° южной широты, после чего отклоняется к северу и снова переходит в северное полушарие.

С течением времени, вследствие торможения спутника в верхних слоях атмосферы Земли, форма и размеры орбиты спутника будут постепенно изменяться. Так как на больших высотах, где происходит движение спутника, плотность атмосферы чрезвычайно мала, эволюция орбиты будет происходить вначале весьма медленно. Высота апогея будет убывать быстрее высоты перигея, и орбита будет все более приближаться к круговой. При вхождении спутника в более плотные слои атмосферы, торможение спутника станет весьма сильным. Спутник раскалится и сгорит, подобно метеорам, приходящим из межпланетного пространства и сгорающим в атмосфере Земли.

В настоящее время плотность верхней атмосферы известна недостаточно точно. Поэтому дать точный прогноз о времени существования спутника на орбите пока не представляется возможным. Данные о плотности верхней атмосферы, имеющиеся в настоящее время, а также результаты проведенных траекторных измерений позволяют утверждать, что спутник будет двигаться вокруг Земли длительное время.

Период обращения спутника составляет в настоящее время 96 мин. По мере понижения орбиты период будет уменьшаться. Скорость изменения периода будет служить указанием на быстроту изменения формы орбиты. Поэтому точное измерение периода обращения спутника является чрезвычайно важной и ответственной задачей.

Параметры орбиты советского искусственного спутника позволяют наблюдать его на всех континентах в большом диапазоне широт. Это открывает большие возможности для решения различных научных проблем. Можно указать, что запуск спутника на такую орбиту является более трудной задачей, чем запуск на орбиту, близкую к экваториальной плоскости. При запуске по экватору имеется возможность использования в большей степени для разгона ракеты скорости вращения Земли вокруг оси.

Наблюдения за движением спутника

Весьма важной составной частью исследований, проводимых с помощью искусственного спутника Земли, является наблюдение за его движением, обработка наблюдений и предсказание по результатам обработки дальнейшего движения спутника. Наблюдение за спутником ведется с помощью радиотехнических средств, а также в обсерваториях с помощью оптических инструментов. Наряду со специалистами с их средствами к наблюдениям широко привлечены радиолюбители, а также группы астрономов-любителей, ведущие наблюдения на астрономических площадках с помощью специально изготовленных для этих целей оптических инструментов. В настоящее время в СССР наблюдения за спутником регулярно ведут 66 станций оптических наблюдений и 26 клубов ДОСААФ с большим количеством средств радионаблюдения. Кроме того, наблюдения за спутником ведут индивидуально тысячи радиолюбителей.

Научные станции ведут наблюдения с помощью радиолокаторов и радиопеленгаторов. Ведутся также наблюдения оптическими методами и фотографирование движения спутника.

Остановимся на методах наблюдения астрономами-любителями и радиолюбителями, так как эти методы доступны широким кругам, интересующимся движением спутника. В распоряжении астрономов-любителей имеется большое количество специально изготовленных астрономических трубок, обладающих совершенной оптикой с широким углом зрения. На наблюдательных станциях имеются также комплекты оборудования, позволяющие определять положение спутника на небесной сфере в определенный момент времени.

Имеющаяся аппаратура, с помощью которой оптическая станция отмечает положение спутника на небесной сфере, позволяет производить измерения с точностью до одного градуса, а момент времени, в который отмечается это положение, с погрешностью не более одной секунды. Оптическая станция наблюдает искусственный спутник в утреннее или вечернее время, когда поверхность Земли погружена в темноту, а сам спутник, находясь на большой высоте, освещен Солнцем.

Следует отметить, что наблюдения за спутником с помощью астрономических инструментов представляют известную трудность и не похожи на наблюдения обычных астрономических объектов, так как спутник движется по небу очень быстро, со скоростью в среднем около одного градуса в секунду.

Для обеспечения надежности наблюдений каждая оптическая станция устраивает один или два «оптических барьера» из трубок, расположенных в меридиане и по вертикальному кругу, перпендикулярному видимой орбите спутника. Кроме того, при поиске спутника применяется метод, основанный на так называемом «правиле мест-

ного времени». Этот метод использует то обстоятельство, что орбита спутника не участвует в суточном вращении Земли, а сам спутник будет проходить через заданную широту в местное звездное время, медленно меняющееся при вращении орбиты в абсолютном пространстве вокруг земной оси за счет отклонения поля тяготения от центрального. Благодаря этому для данной станции спутник в процессе своего движения будет проходить через последовательность точек на небесной сфере, которые можно назвать точками ожидания. Если регулировать ось оптического прибора таким образом, чтобы она была направлена в заранее рассчитанную на небесной сфере очередную точку ожидания, то рано или поздно неизбежно произойдет обнаружение спутника.

Наблюдения за спутником ведет большое число радиолюбителей с помощью специально для этой цели сконструированных радиоприемников. Схемы этих приемников, а также схемы пеленгационных приставок к ним были опубликованы в научно-популярном радиотехническом журнале «Радио» задолго до запуска спутника. Информацию о движении спутника, даваемую радиолюбителями, можно использовать не только для изучения законов прохождения радиоволн через атмосферу, но также, особенно в случае, если радиолюбитель использует пеленгационную приставку, для грубого определения элементов орбиты спутника.

Уже к настоящему времени имеется большое количество наблюдений спутника радиолюбителями. В ряде мест прохождение спутника зарегистрировано астрономами-любителями. В ряде других мест, к сожалению, до сих пор облачность не дала возможности вести оптические наблюдения.

Все данные научных станций, а также радио- и оптических наблюдений любителей собираются и обрабатываются. В результате обработки этих данных определяются как элементы орбиты, так и их вековые уходы. При обработке используются новейшие вычислительные средства, такие, как электронные счетные машины. В результате обработки уточняются параметры орбиты и предсказывается движение спутника. Кроме того, данные, поступающие с наблюдательных станций, используются для ряда геофизических исследований, проводимых с помощью спутника, таких, например, как определение плотности атмосферы по эволюции параметров орбиты спутника и т. д.

Характеристика спутника

Как уже указывалось, спутник имеет форму шара. Диаметр его равен 58 сантиметрам, вес — 83,6 килограмма. Герметичный корпус спутника изготовлен из алюминиевых сплавов. Поверхность его полирована и подвергнута специальной обработке. В корпусе размещается вся аппаратура спутника вместе с источниками энергопитания аппаратуры. Перед пуском спутник заполняется газообразным азотом.

На внешней поверхности корпуса установлены антенны в виде четырех стержней длиной от 2,4 до 2,9 метра. Во время выведения спутника стержни антенн прижаты к корпусу ракеты. После отделения спутника антенны поворачиваются относительно своих шарниров и занимают положение, изображенное на фотографии. (См. рис. 75).

Двигаясь по орбите, спутник периодически подвергается резко переменным тепловым воздействиям — нагреванию лучами Солнца в период нахождения над освещенной стороной Земли, охлаждению при полете в тени Земли, термическим воздействиям атмосферы и т. д. Кроме того, при работе аппаратуры в спутнике также выделяется известное количество тепла. В тепловом отношении искусственный спутник является самостоятельным небесным телом, находящимся в лучистом теплообмене с окружающим пространством. Поэтому обеспечение в течение длительного времени нормального температурного режима на спутнике, необходимого для работы его аппаратуры, является принципиально новой и достаточно сложной задачей. Поддержание необходимого температурного режима на первом спутнике обеспечивается приданием его поверхности соответствующих значений коэффициентов излучения и поглощения солнечной радиации, а также регулированием теплового сопротивления между оболочкой спутника и размещаемой в нем аппаратурой за счет принудительной циркуляции азота внутри спутника.

На спутнике установлены два радиопередатчика, непрерывно излучающие сигналы с частотами 20,005 и 40,002 мегагерца (длина волн — 15 и 7,5 метра соответственно). Следует отметить, что на созданном в СССР искусственном спутнике в связи с его относительно большим весом оказалось возможным установить радиопередатчики большой мощности. Это позволяет производить прием сигналов со спутника на весьма больших расстояниях и дает возможность включиться в наблюдения за спутником самым широким кругам радиолюбителей во всех частях земного шара. Первые сутки наблюдения за полетом спутника подтвердили возможность уверенного приема его сигналов обычными любительскими приемниками на расстояниях нескольких тысяч километров. Зафиксированы отдельные случаи приема сигналов спутника на расстояниях до 10 000 километров.

Радиосигналы спутника

Сигналы, излучаемые радиопередатчиками на каждой из частот, имеют вид телеграфных посылок. Посылка сигнала одной частоты производится во время паузы сигнала другой частоты. В среднем длительность сигналов на каждой из частот составляет около 0,3 секунды. Эти сигналы используются для наблюдения за орбитой спутника, а также для решения ряда научных задач. Для регистрации процессов, происходящих на спутнике, на нем установлены чувствительные элементы, меняющие частоты телеграфных посылок и соотношения между длительностью этих посылок и пауз при изменении некоторых параметров на спутнике (температуры и др.). При приеме сигналов со спутника производится их регистрация для последующей расшифровки и анализа.

Следует учитывать, что через некоторое время радиопередатчик прекратит свою работу. Это может, например, произойти, если метеорная частица пробьет корпус спутника или повредит антенну. Кроме того, спутник имеет ограниченный запас электроэнергии. После прекращения работы передатчика наблюдение за спутником будет вестись оптическими методами и радиолокаторами.

Большое значение имеют наблюдения за распространением радиоволн, излучаемых со спутника. До сих пор основные сведения об ионосфере были получены изучением радиоволн, посылаемых с

Земли и отраженных от областей ионосферы, лежащих ниже максимальной ионизации ионосферных слоев. В настоящее время по существу не известно, на каких высотах лежит верхняя граница ионосферы. Запуск спутника создает возможность получать в течение длительного времени радиосигналы с двумя различными частотами из областей ионосферы, ранее недоступных для длительных наблюдений, лежащих выше максимума ионизации, а может быть, над ионосферой вообще.

Измерение уровней принимаемых сигналов и углов рефракции радиоволн с различными частотами позволяет получить данные о затухании радиоволн в ранее не исследованных областях ионосферы и некоторые сведения о структуре этих областей.

* * *

Программа научных измерений на искусственных спутниках Земли весьма обширна и охватывает многие разделы физики верхних слоев атмосферы и изучения космического пространства около Земли.

К этим вопросам относятся: изучение состояния ионосферы, ее химической структуры, измерения давления и плотности, магнитные измерения, изучение природы корпускулярного излучения Солнца, первичного состава и вариаций космических лучей, ультрафиолетового и рентгеновского участков спектра Солнца, а также электростатических полей верхних слоев атмосферы и микрочастиц. Уже первый спутник даст сведения по ряду из этих вопросов.

В области изучения космических лучей программа предусматривает получение данных по относительному количеству в составе первичного космического излучения различных ядер. В частности, будет произведено определение относительного количества ядер лития, бериллия и бора, а также ядер с весьма большим зарядом. В этом отношении можно будет получить данные, недоступные для ранее применявшихся методов исследований.

Устанавливаемая на спутниках аппаратура позволяет также произвести изучение вариаций полного потока космических лучей, изучение которых затрудняет большая толща атмосферы, находящейся над аппаратурой при установке ее на Земле. Полученные данные позволят выявить суточные, полусуточные и двадцатисемисуточные вариации и изучить их связь с явлениями на Солнце. Спутник позволяет провести указанные измерения по всему земному шару.

Вследствие поглощения атмосферой коротковолновой радиации Солнца она до сих пор еще не изучена. Большие высоты, на которых обращается спутник, позволят с помощью разработанной нашими физиками аппаратуры изучить ультрафиолетовый и рентгеновские участки спектра Солнца и выявить вариации интенсивности излучения. Это важно, так как по современным представлениям коротковолновое излучение Солнца вызывает ионизацию верхних слоев атмосферы. Следовательно, эти результаты прольют новый свет на процессы образования ионосферы. Поскольку коротковолновое излучение Солнца вызывается солнечной короной, данные о нем позволят получить новые результаты о структуре солнечной короны.

Наряду с коротковолновой радиацией Солнца огромную роль в процессах, происходящих в верхних слоях атмосферы, играет кор-

пускулярное излучение Солнца. С этой целью важно решить вопрос о природе корпускулярного излучения, его интенсивности, энергетическом спектре частиц, выбрасываемых Солнцем, и выяснить роль корпускулярного излучения Солнца в образовании полярных сияний. Эти вопросы также удастся решить с помощью созданной аппаратуры и устанавливаемой на искусственных спутниках Земли.

Полет спутника над ионизированными слоями атмосферы позволяет проверить ряд выводов, сделанных на основании тех или иных гипотез, относительно круговых токов, существующих в верхних слоях атмосферы. Искусственные спутники позволяют также произвести изучение быстрых вариаций магнитного поля Земли.

Представляет значительный интерес изучение на больших высотах (порядка 1000 километров) электростатических полей и решение вопроса — является ли Земля вместе со своей атмосферой заряженной или нейтральной системой. Наряду с изучением ионосферы косвенными методами путем наблюдения за прохождением радиоволн программа исследований на спутниках предусматривает непосредственные замеры ионной концентрации на различных высотах, а в дальнейшем также химического состава ионосферы масс спектрометрическими методами. Если справедливы современные представления о том, что на больших высотах отсутствуют отрицательные ионы, эти опыты дадут полные сведения о составе ионосферы.

Не останавливаясь на всех научных наблюдениях, которые производятся и будут произведены на спутниках в течение Международного геофизического года, мы упомянем еще об исследованиях метеорной материи, находящейся в верхних слоях атмосферы. Намечено получение спектра масс и скоростей микрочастиц, попадающих в атмосферу из космического пространства.

Искусственный спутник есть первый шаг в завоевании космического пространства. Для перехода к осуществлению космических полетов с человеком необходимо изучить влияние условий космического полета на живые организмы. В первую очередь это изучение должно быть проведено на животных. Так же, как это было на высотных ракетах, в Советском Союзе будет запущен спутник, имеющий на борту животных в качестве пассажиров, и будут проведены детальные наблюдения за их поведением и протеканием физиологических процессов.

Можно с уверенностью сказать, что осуществление намеченной программы научных исследований с помощью искусственных спутников Земли сыграет революционизирующую роль во многих вопросах физики, геофизики и астрофизики.

С успешным запуском искусственного спутника Земли наука и техника делают новый качественный скачок, перенося прямые методы научных измерений в недоступное до настоящего времени космическое пространство и прокладывая широкие пути будущим межпланетным путешествиям.

(Газета «Правда» от 9 октября 1957 г.)

СООБЩЕНИЕ ТАСС

В соответствии с программой Международного геофизического года по научным исследованиям верхних слоев атмосферы, а также изучению физических процессов и условий жизни в космическом пространстве 3 ноября в Советском Союзе произведен запуск второго искусственного спутника Земли.

Второй искусственный спутник, созданный в СССР, представляет собой последнюю ступень ракеты-носителя с расположенными в ней контейнерами с научной аппаратурой.

На борту второго искусственного спутника имеется:

— аппаратура для исследования излучения Солнца в коротковолновой ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра;

— аппаратура для изучения космических лучей;

— аппаратура для изучения температуры и давления;

— герметичный контейнер с подопытным животным (собакой), системой кондиционирования воздуха, запасом пищи и приборами для изучения жизнедеятельности в условиях космического пространства;

— измерительная аппаратура для передачи данных научных измерений на Землю;

— два радиопередатчика, работающие на частотах 40,002 и 20,005 (длина волны около 7,5 и 15 метров соответственно);

— необходимые источники электроэнергии.

Общий вес указанной аппаратуры, подопытного животного и источников электропитания составляет 508,3 кг.

По данным наблюдений, спутник получил орбитальную скорость около 8000 метров в секунду.

Согласно расчетам, которые уточняются прямыми наблюдениями, максимальное удаление спутника от поверхности Земли превышает 1500 километров; время одного полного оборота спутника составляет около 1 часа 42 минут; угол наклона орбиты к плоскости экватора равен примерно 65 градусам.

По данным измерений, получаемым с борта спутника, функционирование научной аппаратуры и контроль за жизнедеятельностью животного протекают нормально.

Над районом г. Москвы второй искусственный спутник прошел 3 ноября дважды — в 7 часов 20 минут и в 9 часов 05 минут по московскому времени.

Сигналы радиопередатчика спутника на частоте 20,005 мегагерц имеют вид телеграфных посылок длительностью около 0,3 се-

кунды с паузой такой же длительности. Радиопередатчик на частоте 40,002 мегагерц работает в режиме непрерывного излучения.

Успешным запуском второго искусственного спутника Земли с разнообразной научной аппаратурой и подопытным животным советские ученые расширяют исследования космического пространства и верхних слоев атмосферы. Неизведанные процессы явлений природы, происходящие в космосе, будут становиться теперь более доступными человеку.

Коллективы научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро, испытателей и заводов промышленности, создавшие второй советский искусственный спутник Земли, посвящают его запуск 40-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции.

(Газета «Правда» от 4 ноября 1957 г.)

ВТОРОЙ СОВЕТСКИЙ ИСКУССТВЕННЫЙ СПУТНИК ЗЕМЛИ

Как сообщалось в печати, в соответствии с планом научных работ, проводимых по программе Международного геофизического года, в Советском Союзе 3 ноября 1957 года осуществлен запуск второго искусственного спутника Земли. Запуск второго спутника является новым выдающимся успехом советской науки. Напряженная и плодотворная работа больших коллективов ученых, инженеров, техников и рабочих позволила создать и вывести на орбиту спутник, полезный вес которого составляет 508 килограммов 300 граммов, что в 6 раз превышает вес первого спутника. При этом второй спутник был выведен на орбиту, расположенную значительно дальше от поверхности Земли, чем орбита первого спутника.

Второй искусственный спутник оснащен разнообразной научной аппаратурой, позволяющей осуществить проведение широкой программы исследований. На спутнике размещены аппаратура для изучения космических лучей, исследования ультрафиолетовой и рентгеновской части солнечного излучения, герметическая кабина с подопытным животным (собакой), радиотелеметрическая аппаратура для передачи на Землю результатов измерений, радиопередающая аппаратура, а также необходимые источники электроэнергии.

Орбита спутника и ее эволюция

Выведение второго спутника на орбиту было осуществлено при помощи составной ракеты. В процессе выведения на орбиту ракета поднялась на высоту в несколько сот километров от поверхности Земли и в конце участка выведения ее последняя ступень двигалась параллельно поверхности Земли со скоростью более 8000 метров в секунду, превратившись в спутник Земли. В момент выхода на орбиту запас топлива в баках ракеты был израсходован, и двигатель был выключен. Дальнейшее движение спутника продолжалось за счет кинетической энергии, приобретенной при разгоне ракеты на участке выведения.

Скорость, сообщенная последней ступени ракеты, была больше той скорости, которая необходима для движения спутника по кру-

говой орбите на постоянной высоте, отвечающей точке выхода на орбиту. Поэтому спутник движется не по круговой орбите, а по эллиптической, наибольшее удаление которой от Земли составляет около 1700 километров, что почти вдвое превышает наибольшую высоту, достигнутую при запуске первого спутника. Поскольку размеры большой полуоси орбиты второго спутника больше, чем у первого спутника, период его обращения вокруг Земли также оказался больше и составлял в начале движения 103,7 минуты.

Вследствие увеличенного периода обращения второй спутник совершает за сутки около 14 полных оборотов вокруг Земли, в то время как первый спутник совершал в начальный период движения около 15 оборотов. Смещение каждого следующего витка по долготе вследствие вращения Земли в суточном движении для второго спутника примерно на $^{1}/_{15}$ больше, чем для первого спутника. На такую же величину возросло и расстояние на поверхности Земли между трассами двух соседних витков.

Сопротивление земной атмосферы вызывает торможение спутника. Орбита его при этом изменяет свои размеры и форму. Вследствие того, что на больших высотах атмосфера чрезвычайно разрежена, силы торможения, действующие на спутник, невелики. Поэтому изменение параметров орбиты происходит весьма медленно. Поскольку плотность атмосферы быстро убывает с высотой, торможение происходит в основном в области перигея, т. е. в области, прилегающей к точке наименьшего удаления от поверхности Земли. В точке апогея, т. е. в точке наибольшего удаления, спутник движется на такой большой высоте, что находится в космическом пространстве вне пределов земной атмосферы, которая, по теоретическим данным, простирается до высоты порядка 1000 километров над поверхностью Земли.

Торможение спутника зависит не только от плотности атмосферы, но также и от формы спутника и от отношения его веса к площади сечения (от так называемой поперечной нагрузки). При большей поперечной нагрузке потеря скорости будет меньше.

Два спутника, выведенные первоначально на одну и ту же орбиту, но имеющие различную величину торможения, будут по истечении некоторого времени двигаться по-разному, так как орбиты их движения будут изменяться с различной скоростью. При этом сокращение размеров орбиты происходит главным образом за счет понижения высоты апогея.

Первый спутник и его ракета-носитель двигались первоначально примерно по одной и той же орбите, период их обращения отличался незначительно и составлял около 96,2 минуты. В настоящее время вследствие того, что степень торможения первого спутника меньше, чем у ракеты-носителя, их орбиты существенно различаются. Высота апогея ракеты-носителя ниже апогея спутника более чем на 100 километров. Период обращения ракеты-носителя, по данным на 10 ноября, был меньше периода обращения первого спутника примерно на 74 секунды.

Величина торможения как ракеты-носителя, так и спутника меняется с течением времени за счет изменения параметров орбиты. По мере понижения орбиты торможение прогрессивно возрастает. Это обстоятельство отчетливо подтверждается результатами наблюдений. При понижении орбиты до высот порядка 100 километров

торможение будет настолько значительным, что будет происходить интенсивный разогрев спутника и ракеты-носителя, их дальнейшее быстрое снижение и сгорание.

Время существования спутника зависит от величины его торможения в атмосфере. Ясно, что чем больше период обращения и чем меньше торможение, тем больше будет время существования спутника. Расчеты, проведенные на основе данных, полученных из наблюдений за первым спутником и ракетой-носителем, позволяют предполагать, что время существования спутника должно быть порядка трех месяцев, считая с момента запуска. Это означает, что первый спутник будет существовать на орбите, по-видимому, до конца 1957 года. Время существования ракеты-носителя меньше, чем у первого спутника. Поэтому следует ожидать, что ракета-носитель сгорит раньше спутника. Большой период обращения второго спутника и малое значение величины торможения, меньшее, чем для первого спутника, позволяет утверждать, что время движения по орбите второго спутника будет заметно превышать время движения первого спутника.

Проводящаяся в настоящее время обработка результатов траекторных измерений позволит установить полностью весь процесс эволюции параметров орбит спутников и получить важные сведения о распределении плотности верхних слоев атмосферы. В дальнейшем можно будет давать надежные прогнозы о времени существования искусственных спутников Земли.

Наблюдения за искусственными спутниками земли

В оптических наблюдениях за движением двух первых спутников Земли и ракеты-носителя первого спутника систематически участвуют 66 специальных станций оптического наблюдения, все астрономические обсерватории Советского Союза, около 30 зарубежных обсерваторий. В настоящее время организуется сеть станций оптического наблюдения в странах народной демократии. Число зарубежных астрономических обсерваторий, участвующих в систематических наблюдениях искусственных спутников, с каждым днем увеличивается. Большая яркость ракеты-носителя и второго спутника позволила привлечь к визуальным наблюдениям также и аэрологические пункты Гидрометслужбы, имеющие шаропилотные теодолиты.

В результате оптических наблюдений выяснилось, что ракета-носитель меняет свой блеск. Это связано с изменением ее ориентировки в пространстве. Наиболее короткий зарегистрированный визуально период изменения блеска составляет примерно 20 секунд.

Наряду с визуальными производятся фотографические наблюдения ракеты-носителя и второго спутника. Снимки, полученные в Пулковской обсерватории, в обсерватории Астрофизического института АН Казахской ССР, в обсерватории Харьковского государственного университета и в других астрономических учреждениях Советского Союза, равно как и фотографии, произведенные в обсерватории «Пурпурная гора» (Китайская Народная Республика), Эдинбургской обсерватории (Великобритания), обсерватории Дансинк (Эйре), Потсдамской обсерватории (ГДР) и др., позволили существенно уточнить орбиты спутников и ракеты-носителя.

Весьма обширный материал дают радионаблюдения за искусственными спутниками Земли. Эти наблюдения проводились пунктами, расположенными на различных географических широтах и долготах радиопеленгаторными станциями, клубами ДОСААФ, рядом высших учебных заведений и тысячами радиолюбителей. Полученный материал настолько обширен, что в настоящее время выполнена лишь предварительная его обработка.

Очень важное значение имеют измерения напряженности поля принимаемых со спутника радиосигналов. Такие измерения осуществлялись как путем непрерывной автоматической записи, так и путем частных замеров в отдельные фиксированные моменты времени. Результаты измерения напряженности поля радиосигналов позволяют оценить поглощение радиоволн в ионосфере, включая те ее области, которые лежат выше максимума ионизации основного ионосферного слоя F_2, а поэтому недоступны обычным измерениям, ведущимся на поверхности Земли. Эти измерения позволяют также судить о возможных путях распространения радиоволн в ионосфере.

Результаты приема радиосигналов спутника и измерения их уровней показывают, что эти сигналы на волне 15 метров принимались на очень больших расстояниях, далеко превышающих расстояния прямой видимости. Эти расстояния достигают 10, 12 и даже 15 тысяч километров, а в отдельных случаях и более.

Особенный интерес представляет то обстоятельство, что спутник, совершая движения по эллиптической орбите, занимает различное положение относительно основного максимума электронной концентрации в земной атмосфере. При обработке материалов радионаблюдений учитывалось, находится ли спутник в данный момент времени выше или ниже истинной высоты максимума электронной концентрации слоя F_2, полученной на основе высотночастотных характеристик ионосферы, снятых ионосферными станциями. Если в Южном полушарии спутник движется выше слоя ионосферы, то в Северном полушарии он в некоторые моменты находится выше максимума ионизации этого слоя, в некоторые моменты — ниже его, а в иные моменты — вблизи этого максимума. Такие условия создают большое разнообразие в путях распространения коротких радиоволн на большие расстояния. Одним из таких путей является отражение от земной поверхности радиоволн, прошедших сверху через всю толщу ионосферы, с последующим однократным отражением от ионосферы в тех ее областях, где критические частоты имеют достаточно большие значения. В других случаях радиоволны, падающие сверху под некоторым углом на ионосферу, испытывают в ней значительное преломление и проникают вследствие этого в область, лежащую за пределами геометрической прямой видимости.

Положение спутника вблизи области максимальной ионизации атмосферы создает особенно благоприятные условия для распространения радиоволн путем ионосферных радиоволноводов. В некоторых случаях, как показывают наблюдения, радиоволны приходили в точку приема не по кратчайшему расстоянию, а путем обхода земного шара по более длинной дуге большого круга. В отдельных случаях наблюдалось явление кругосветного эха радиосигналов. В некоторых случаях измеренные значения напряженности поля оказывались больше, чем рассчитанные по закону обратной пропор-

циональности первой степени расстояния, что также говорит о наличии волноводных каналов в ионосфере.

Интересные результаты получены по наблюдению эффекта Доплера при помощи записи на магнитную ленту изменения тона биений между частотой радиоволн, излучаемых спутником, и частотой колебаний местного гетеродина. Таких записей получено огромное количество, и результаты их обрабатываются.

Несомненно, что окончательная обработка полученных в большом количестве материалов радионаблюдений за искусственными спутниками Земли даст очень ценные сведения об особенностях ионизации верхних областей ионосферы, а также о поглощении и характере распространения в них радиоволн.

Устройство второго спутника

Как указано выше, второй советский искусственный спутник Земли, в отличие от первого спутника, представляет собой последнюю ступень ракеты, на которой размещена вся научная и измерительная аппаратура. Такое размещение аппаратуры существенно упростило задачу определения координат спутника при помощи оптических средств наблюдения, поскольку, как показал опыт первого спутника, наблюдения за ракетой-носителем оказались значительно более простыми, чем за самим спутником. Яркость ракеты-носителя превосходит яркость первого спутника на несколько звездных величин. Общий вес аппаратуры, подопытного животного и источников электропитания на втором искусственном спутнике составляет 508 килограммов 300 граммов.

В передней части последней ступени ракеты на специальной раме установлены прибор для исследования излучения Солнца в ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра, сферический контейнер с радиопередатчиками и другой аппаратурой, герметическая кабина с подопытным животным — собакой. Аппаратура для изучения космических лучей расположена на корпусе ракеты. Установленные на раме приборы и контейнеры защищены от аэродинамических и тепловых воздействий, имеющих место при полете ракеты в плотных слоях атмосферы, специальным защитным конусом. После выведения последней ступени ракеты на орбиту защитный конус был сброшен.

Радиопередатчики, находящиеся в сферическом контейнере, работали на частотах 40,002 и 20,005 мегагерц. Источники их электропитания, система терморегулирования, а также чувствительные элементы, регистрирующие изменение температуры и другие параметры, также размещены в этом контейнере. По своей конструкции сферический контейнер подобен первому советскому искусственному спутнику Земли.

Сигналы радиопередатчика, работавшего на частоте 20,005 мегагерц (длина волны 15 метров), имели вид телеграфных посылок. Длительность их, так же как и длительность пауз между ними, составляла в среднем около 0,3 сек. При изменении некоторых параметров внутри сферического контейнера (температура, давление) длительность этих посылок и пауз между ними изменялась в определенных пределах.

Радиопередатчик на частоте 40,002 мегагерц (длина волны 7,5 метра) работал в режиме непрерывного излучения. Установка

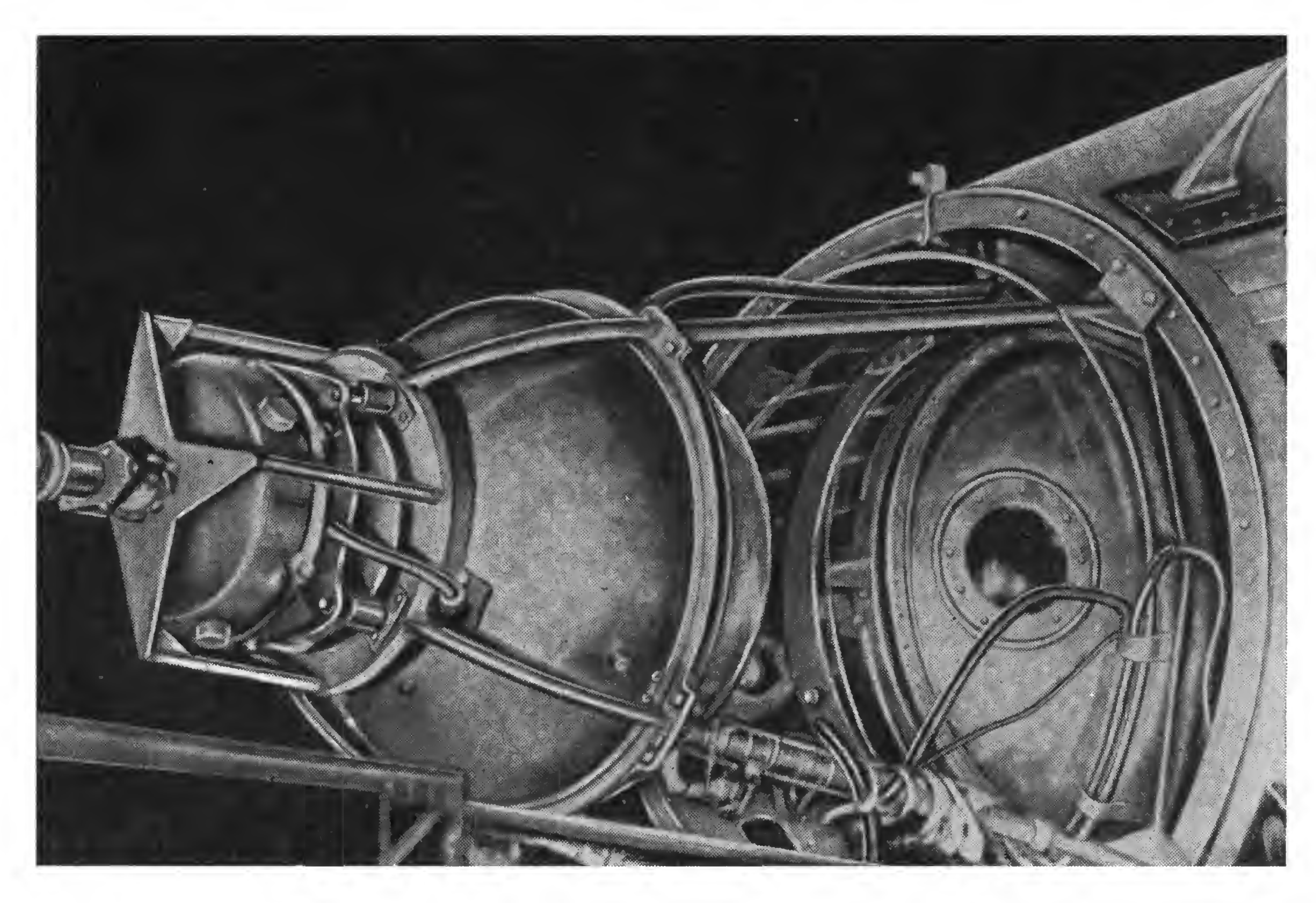


Рис. 79. Установка контейнеров с научной аппаратурой на спутнике

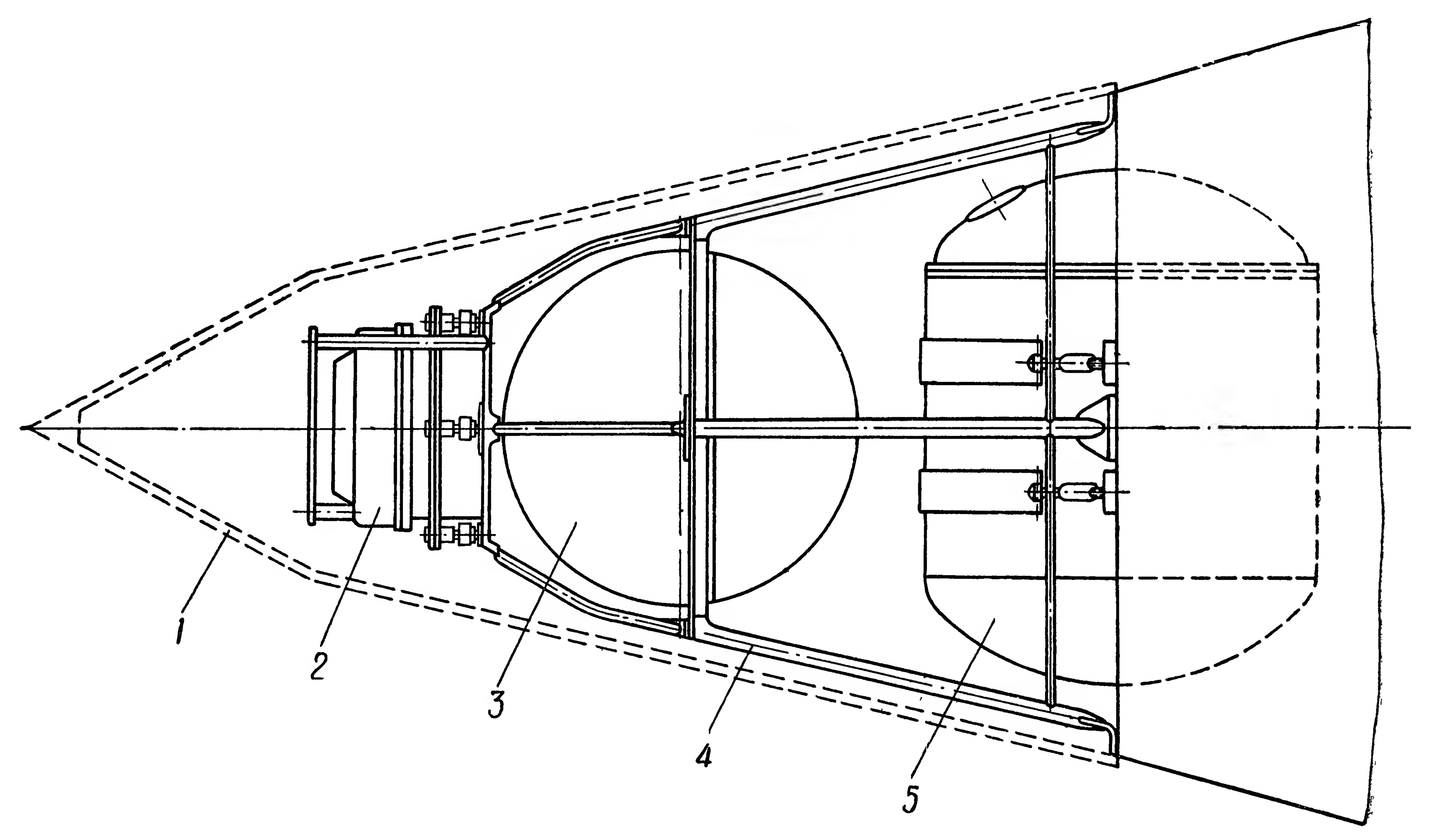


Рис. 80. Схема размещения аппаратуры второго искусственного спутника Земли:

1 — защитный конус, сбрасываемый после выведения спутника на орбиту; *2* — прибор для исследования ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца; *3* — сферический контейнер с аппаратурой и радиопередатчиками; *4* — силовая рама для крепления аппаратуры; *5* — герметическая кабина с подопытным животным

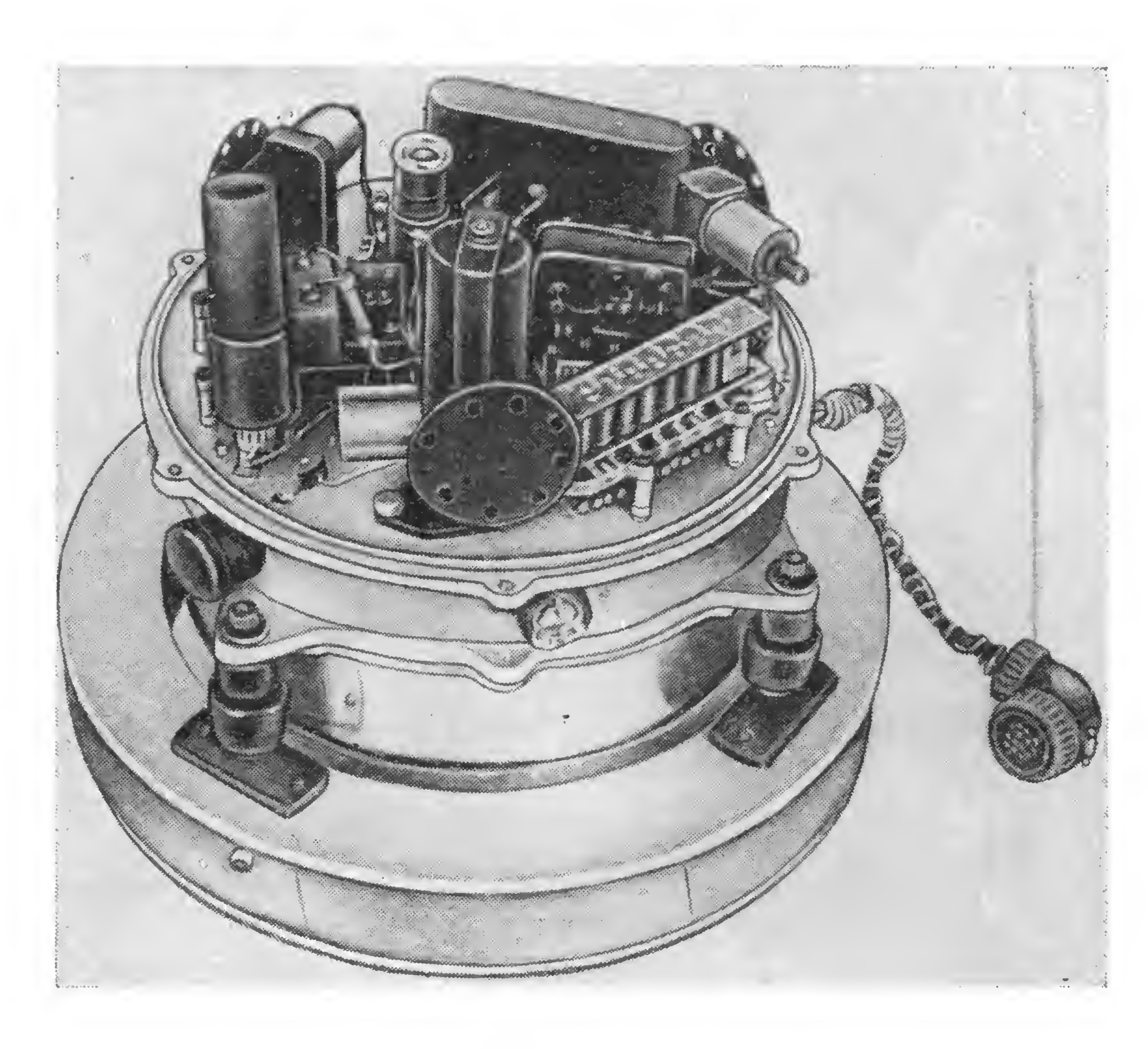


Рис. 81. Аппаратура для исследования излучения Солнца на борту второго искусственного спутника Земли

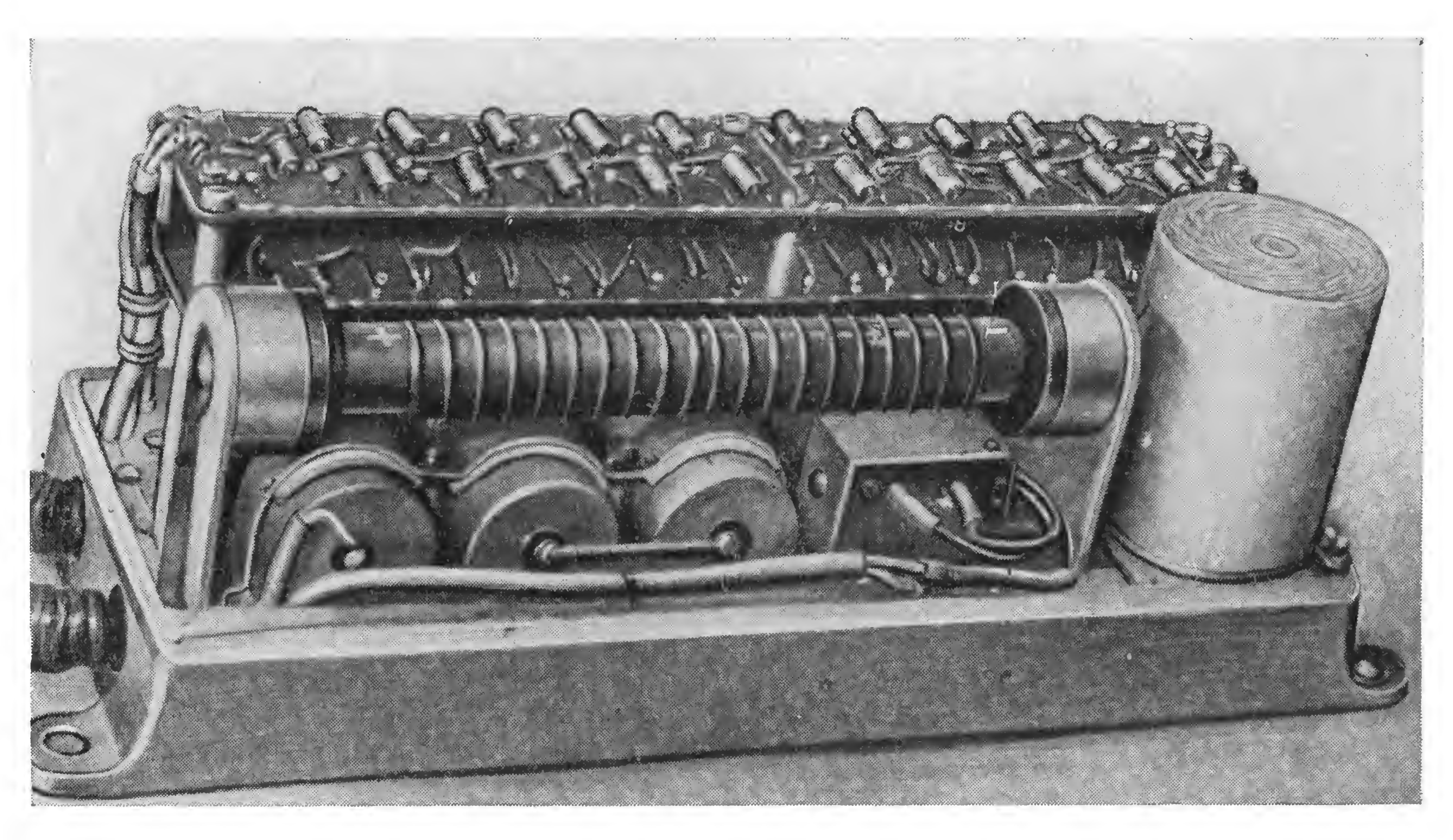


Рис. 82. Аппаратура для изучения космических лучей на борту второго искусственного спутника Земли



Рис. 83. Первый путешественник в космическом пространстве — собака «Лайка»

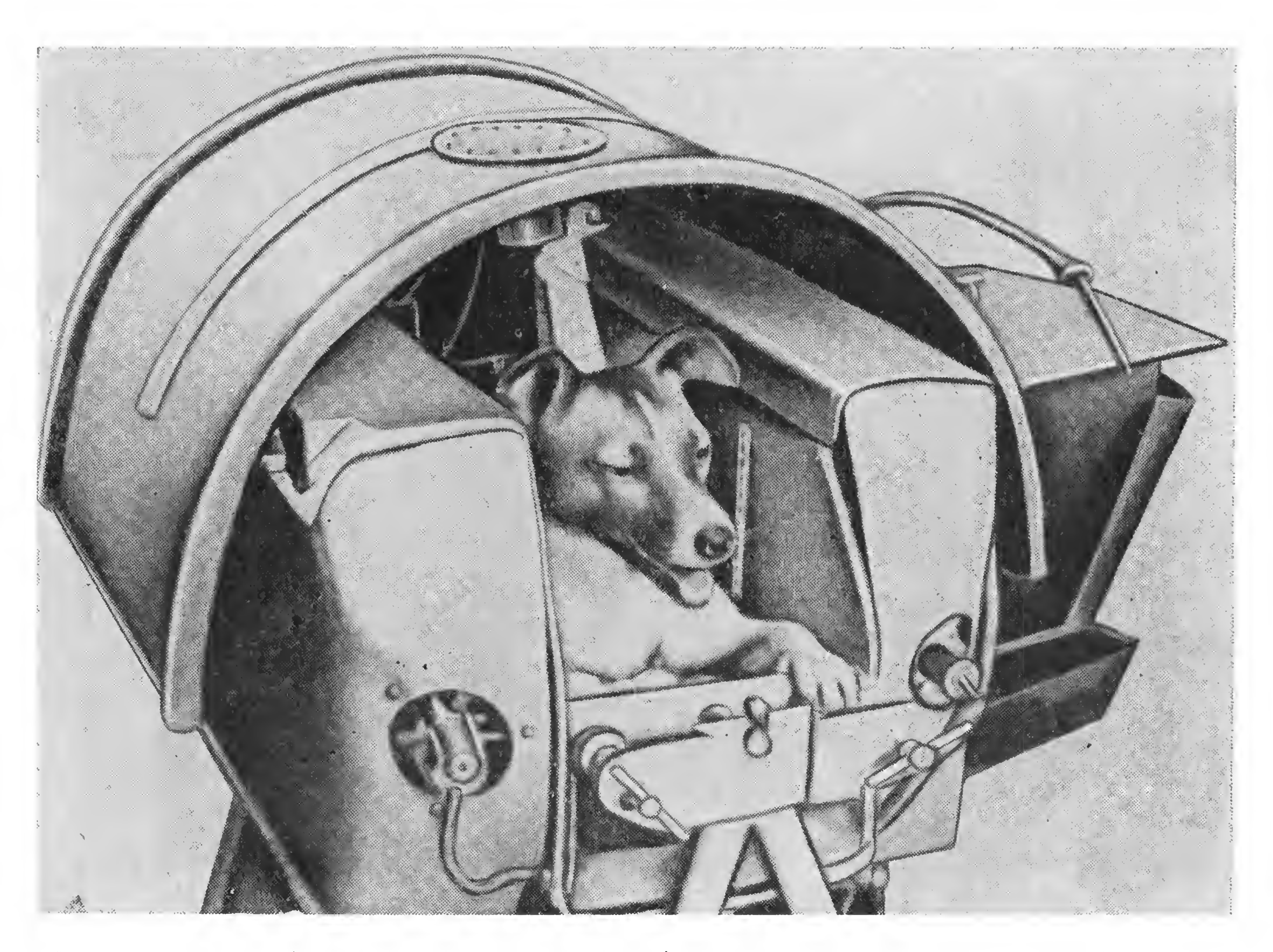


Рис. 84. Собака «Лайка» в герметической кабине перед установкой на второй искусственный спутник Земли

двух радиопередатчиков на указанных частотах обеспечила проведение исследований по распространению радиоволн, излучаемых со спутника, и измерение параметров его орбиты. При этом был обеспечен прием сигналов со спутника при любом состоянии ионосферы. Выбор длин волн, а также достаточная мощность радиопередатчиков позволили осуществлять радионаблюдения за спутником наряду со специальными станциями самому широкому кругу радиолюбителей.

Герметическая кабина, в которой помещается подопытное животное (собака), имеет цилиндрическую форму. С целью создания условий, необходимых для нормального существования животного, в ней был размещен запас пищи, а также система кондиционирования воздуха, состоящая из регенерационной установки и системы терморегулирования. Помимо этого, в кабине были размещены аппаратура для регистрации пульса, дыхания, кровяного давления, аппаратура для снятия электрокардиограмм, а также чувствительные элементы для измерения ряда параметров, характеризующих условия в кабине (температура, давление).

Кабина животного, как и сферический контейнер, изготовлена из алюминиевых сплавов. Поверхность их полирована и подвергнута специальной обработке с целью придания ей необходимых значений коэффициентов излучения и поглощения солнечной радиации. Системы терморегулирования, установленные в сферическом контейнере и в кабине животного, поддерживали в них температуру в заданных пределах, отводя тепло к оболочке за счет принудительной циркуляции газа.

Кроме указанной аппаратуры, на корпусе последней ступени ракеты установлены: радиотелеметрическая измерительная аппаратура, аппаратура для измерения температуры, источники электроэнергии, обеспечивающие питание научной и измерительной аппаратуры. Температура на внешней поверхности и внутри кабины животного, а также температура отдельных приборов и элементов конструкции определялась с помощью установленных на них температурных датчиков. Радиотелеметрическая аппаратура обеспечивала передачу на Землю данных всех измерений, осуществляемых на спутнике. Включение ее для передачи данных измерений производилось периодически по специальной программе.

Программа научных исследований, связанная с проведением измерений на втором искусственном спутнике, была рассчитана на семь суток. В настоящее время эта программа выполнена. Радиопередатчики спутника, а также бортовая радиотелеметрическая аппаратура прекратили свою работу. Дальнейшие наблюдения за движением второго искусственного спутника Земли с целью изучения характеристик верхних слоев атмосферы и прогнозирования его движения проводятся с помощью оптических и радиолокационных средств.

Научные измерения на искусственном спутнике Земли

Искусственный спутник Земли позволил ученым впервые осуществить ряд экспериментов в верхних слоях атмосферы, проведение которых ранее было невозможно.

Коротковолновое излучение Солнца

Первостепенный научный и практический интерес для физики, астрофизики и геофизики представляет исследование коротковолнового ультрафиолетового излучения Солнца. Как показали исследования последних лет, Солнце, помимо видимого света, испускает излучение, простирающееся в широкую область длин волн, начиная от рентгеновских лучей с длиной волны порядка нескольких стомиллионных долей сантиметра и кончая радиоволнами длиной в несколько метров.

Испускание коротковолнового конца спектра Солнца (далекого ультрафиолетового и рентгеновского излучения), а также радиоизлучения связано с физическими процессами, протекающими в малоизученных внешних слоях атмосферы Солнца (хромосфере и короне), и оказывает серьезнейшее влияние на атмосферу Земли. Основное излучение хромосферы Солнца сосредоточено в спектральной линии водорода с длиной волны 1215 ангстрем (1 ангстрем равен одной стомиллионной части сантиметра), расположенной в далекой ультрафиолетовой области спектра, а излучение короны — в области мягких рентгеновских лучей (3—100 ангстрем). Корона, состоящая из очень разреженной материи, имеет температуру, близкую к одному миллиону градусов, причем, по-видимому, в короне имеются области с еще более высокой температурой. Природа короны до настоящего времени в значительной мере остается еще загадочной.

Общая энергия коротковолнового излучения Солнца сравнительно невелика — она в десятки тысяч раз меньше энергии, излучаемой Солнцем в видимом свете, однако именно это излучение оказывает чрезвычайно большое влияние на земную атмосферу. Объясняется это тем, что коротковолновое излучение обладает чрезвычайно высокой активностью и способно ионизировать молекулы воздуха, вызывая образование ионосферы — сильно ионизированных верхних слоев атмосферы. Согласно существующим представлениям, нижний слой ионосферы, лежащий на высоте 70—90 километров (слой D), образован ионизацией молекул воздуха излучением спектральной линии водорода, испускаемой хромосферой, а следующий слой — на высоте 90—100 километров (слой E) — рентгеновским излучением короны.

Состояние верхних слоев Солнца и ионосферы не остается постоянным — оно непрерывно изменяется. Установлено наличие тесной связи между активностью Солнца — появлением так называемых хромосферных вспышек и поглощением радиоволн в ионосфере, приводящим к прекращению радиосвязи. Это заставляет предполагать существование непосредственной связи вариаций интенсивности коротковолнового излучения Солнца с процессами в ионосфере.

Земная атмосфера полностью поглощает ультрафиолетовое излучение Солнца, пропуская лишь область близкого ультрафиолетового излучения, примыкающую к фиолетовому краю видимого спектра. Это поглощающее действие земной атмосферы предохраняет живые организмы от губительного для них коротковолнового излучения Солнца. В то же время оно делает невозможным исследование этого излучения с Земли. Поглощение молекулами воздуха настолько велико, что для наблюдения этого коротковолнового излучения необ-

ходимо полностью выйти за пределы земной атмосферы, поместив аппаратуру на искусственный спутник Земли. Хотя применение высотных ракет дало ценные результаты, только использование спутника дает возможность проведения систематических измерений на протяжении длительных отрезков времени, необходимых для изучения вариаций интенсивности коротковолнового ультрафиолетового излучения.

Приемниками излучения служат три специальных фотоэлектронных умножителя, расположенные под углом в 120 градусов друг к другу. Каждый фотоумножитель последовательно перекрывается несколькими фильтрами из тонких металлических и органических пленок, а также из специальных оптических материалов, что позволяет выделить различные диапазоны в рентгеновской области спектра Солнца и линию водорода в далекой ультрафиолетовой области. Электрические сигналы, даваемые фотоумножителем, который был направлен на Солнце, усиливались радиосхемами и передавались на Землю с помощью телеметрической системы.

Вследствие того, что спутник непрерывно изменял свою ориентацию относительно Солнца, а также часть времени проводил на не освещенном Солнцем участке своей орбиты, для экономии источников питания электрические цепи аппаратуры включались только при попадании Солнца в поле зрения одного из трех приемников света. Это включение осуществлялось с помощью фотосопротивлений, освещаемых Солнцем одновременно с фотоумножителями, и системы автоматики.

Параллельно с наблюдениями излучения Солнца со спутника производятся наблюдения Солнца всей сетью земных станций «службы Солнца», ведущих работу по программе Международного геофизического года. Эти наблюдения проводили астрофизические обсерватории, станции по изучению ионосферы и по приему радиоизлучения Солнца. Сопоставление всех этих наблюдений позволит сделать первые выводы о связи ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца с процессами, происходящими в хромосфере и короне Солнца, и состоянием ионосферы Земли. Эти данные послужат основой для последующих систематических наблюдений.

Изучение космических лучей

В недрах мирового пространства атомные ядра различных элементов ускоряются и приобретают очень большую энергию. Возникшие таким образом космические лучи дают возможность исследовать космос на больших расстояниях от Земли и даже от солнечной системы. На пути от места зарождения к Земле космические лучи испытывают на себе воздействие среды, через которую они проходят. В результате целого ряда процессов изменяются состав и интенсивность этого излучения. В частности, число частиц космических лучей возрастает в том случае, если на Солнце происходят интенсивные взрывные процессы и создаются условия для ускорения атомных ядер до больших энергий. Таким путем возникает дополнительный поток космических лучей, созданный на Солнце.

Солнце является также источником корпускулярного излучения. В потоках корпускулярного излучения имеются интенсивные магнитные и электрические поля, которые воздействуют на космические

лучи. С помощью космических лучей можно изучать эти потоки на больших расстояниях от Земли.

Проходя сквозь магнитное поле Земли, частицы космических лучей сильно отклоняются в этом поле. Лишь частицы, обладающие очень большой энергией, могут беспрепятственно достигать любых районов нашей планеты. Чем меньше энергия частиц, тем меньше размер тех областей на Земле, которые оказываются доступными для этих частиц. Частицы малых энергий достигают лишь районов Арктики и Антарктики. Таким образом, Земля как бы окружена энергетическим барьером, причем высота этого барьера, наибольшая на экваторе, уменьшается с ростом геомагнитной широты. Экваториальных районов могут достигать лишь космические протоны, обладающие энергией больше 14 миллиардов электроновольт. Южные районы Советского Союза доступны для частиц с энергией больше 7 миллиардов электроновольт. Наконец, района Москвы могут достигать все частицы с энергией больше 1,5 миллиарда электроновольт. Измерение космических лучей на различных широтах дает возможность определить, сколько частиц и каких именно энергий присутствует в составе космических лучей. Зависимость числа частиц космического излучения от широты, так называемый широтный эффект, определяет распределение частиц по энергиям, т. е. энергетический спектр космических лучей.

В результате ряда процессов, которые происходят в мировом пространстве с космическими лучами, число и состав их изменяются. В некоторых случаях, как, например, при возникновении частиц на Солнце, есть основания ожидать, что увеличивается лишь число частиц, обладающих малой энергией, а число частиц высокой энергии остается без изменений. В противоположность этому изменение магнитного поля Земли и воздействие на космические лучи корпускулярных потоков, испускаемых Солнцем, изменяет не только число частиц, обладающих малой энергией, но и число частиц с большой энергией.

Для того, чтобы выяснить природу изменений, которые происходят с космическими лучами, необходимо не только установить факт возрастания или уменьшения интенсивности космических лучей, но и определить, как изменилось число частиц различных энергий. Двигаясь со скоростью 8 километров в секунду, спутник за очень короткий промежуток времени переходит с одной широты на другую. Таким образом, с помощью измерения космических лучей на спутнике можно определить широтный эффект этого излучения и тем самым распределение частиц этого излучения по энергиям. Особенно существенно то, что такие измерения проводятся большое число раз. Поэтому с помощью спутника можно следить не только за изменением интенсивности космического излучения, но и изменениями его состава.

Частицы, входящие в состав космического излучения, регистрируются на спутнике с помощью счетчиков заряженных частиц. При прохождении сквозь счетчик электрически заряженной частицы возникает искра, дающая импульс на радиотехническую схему на полупроводниковых триодах, назначение которой состоит в том, чтобы сосчитать число частиц космических лучей и дать сигнал тогда, когда сосчитано определенное число частиц. После передачи по радио сигналов о том, что сосчитано определенное число частиц,

снова производится регистрация частиц космического излучения, и после того, как сосчитано то же число частиц, подается новый сигнал. Разделив число зарегистрированных частиц на время, в течение которого они были сосчитаны, можно получить число частиц, проходящих через счетчик в секунду, или интенсивность космических лучей.

На спутнике установлено два одинаковых прибора для регистрации заряженных частиц. Оси счетчиков обоих приборов расположены во взаимно-перпендикулярных направлениях.

Предварительная обработка данных о космических лучах, переданных со спутника, показала, что оба прибора функционировали нормально. Отчетливо выявилась зависимость числа частиц космического излучения от геомагнитной широты. Обработка большого числа измерений энергетического спектра первичных космических частиц дает возможность исследовать изменения этого спектра со временем и сопоставить с теми процессами, которые происходили в это время в окружающем нас мировом пространстве.

Изучение биологических явлений в условиях космического полета

С целью изучения ряда медико-биологических вопросов на спутнике были помещены специальная герметическая кабина с подопытным животным (собакой по кличке «Лайка»), измерительная аппаратура для исследования физиологических функций животного, а также оборудование для регенерации воздуха, кормления животного и удаления продуктов его жизнедеятельности. При конструировании оборудования были учтены требования строжайшей экономии объема и веса приборов при минимальном потреблении ими электрической энергии.

Функционируя в течение длительного времени, аппаратура обеспечивает с помощью радиотелеметрической системы регистрацию частоты пульса и дыхания животного, величины его артериального кровяного давления и биопотенциалов сердца, температуры, давления воздуха в кабине и др.

Для регенерации воздуха в кабине и поддержания необходимого газового состава были применены высокоактивные химические соединения, выделяющие необходимый для дыхания животного кислород и поглощающие углекислоту и избыток водяных паров. Количество вещества, участвующего в химических реакциях, регулировалось автоматически. В связи с отсутствием конвекции воздуха в условиях невесомости в кабине животного была создана система принудительной вентиляции. Поддержание температуры воздуха в кабине в определенных пределах осуществлялось терморегулирующей системой. Для обеспечения животного в полете пищей и водой в контейнере имеется приспособление для кормления животного.

Отправленная на спутнике собака «Лайка» прошла предварительную тренировку. Животное постепенно приучалось к длительному пребыванию в герметической кабине малого объема в специальной одежде, к датчикам, укрепленным на различных участках тела для регистрации физиологических функций и т. д. Проводилась тренировка собаки к действию перегрузок. На лабораторных стендах определялась устойчивость животного к действию вибрации и

некоторым другим факторам. В результате длительной тренировки животное в течение нескольких недель спокойно переносило пребывание в герметической кабине, что обеспечило возможность проведения необходимых научных исследований.

Изучение биологических явлений при полете живого организма в космическом пространстве стало возможным благодаря предварительным обширным исследованиям на животных в кратковременных полетах на ракетах до высоты 100—200 километров, которые проводились в СССР на протяжении ряда лет.

В отличие от прежних исследований полет животного на спутнике позволяет изучить длительное действие невесомости. До сих пор влияние невесомости могло изучаться на самолетах в течение нескольких секунд и при вертикальном пуске ракет — в пределах минут. Полет на спутнике позволяет исследовать состояние организма животного в условиях невесомости, продолжающейся несколько дней.

Экспериментальные данные, полученные при выполнении программы медико-биологических исследований, в настоящее время подробно и тщательно изучаются. Уже сейчас можно сказать, что подопытное животное хорошо перенесло длительное воздействие ускорений при выходе спутника на орбиту и последующее состояние невесомости, продолжавшееся несколько дней. Полученные данные показывают, что состояние животного в течение всего опыта оставалось удовлетворительным.

Нет сомнения в том, что проведенные исследования явятся значительным вкладом в дело успешного освоения предстоящих межпланетных полетов и послужат основой для разработки средств, обеспечивающих безопасность полета человека в космическом пространстве.

* * *

Запуск в Советском Союзе первых двух искусственных спутников Земли представляет собой существенный вклад в изучение верхних слоев атмосферы и расширяет границы познания Человеком окружающей его Вселенной. Вместе с тем это свидетельствует о высоком научно-техническом уровне нашей страны и позволяет предвидеть то время, когда все околосолнечное пространство будет доступно непосредственному исследованию Человеком.

(Газета «Правда» от 13 ноября 1957 г.)

В ЦЕНТРАЛЬНОМ КОМИТЕТЕ КПСС
В ПРЕЗИДИУМЕ ВЕРХОВНОГО СОВЕТА СССР
В СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

Сороковой год существования Советского государства ознаменовался выдающимися достижениями советской науки и техники.

Советские ученые, конструкторы и рабочие совершили величайший подвиг, осуществив запуск искусственных спутников Земли и показав тем самым всему миру, на что способен творческий гений и созидательный труд народа социалистического общества, свободного от оков капиталистического угнетения.

Достижения советских ученых, открывших новую эру в развитии мировой науки, являются вполне закономерными, подготовленными всем предшествующим развитием социалистического общества, его экономики и культуры, науки и техники. Эти достижения основываются на высоком уровне развития советской тяжелой индустрии, точного машиностроения и приборостроения, радиоэлектроники, электротехники, химии, качественной металлургии и других отраслей промышленности. Они вытекают из самого характера социалистического строя, базирующегося на строго научных основах и создающего наиболее благоприятные условия для образования всего населения, роста научных кадров и развития научно-технической мысли.

Советские спутники Земли являются живым воплощением гигантского многолетнего труда нашего народа, превратившего свою Родину в могучую индустриальную державу.

4 октября 1957 года был запущен в мировое пространство первый в мире искусственный спутник Земли и тем самым сделан первый шаг на пути завоевания космического пространства.

3 ноября 1957 года, в канун сороковой годовщины Великой Октябрьской социалистической революции, был запущен второй спутник Земли, оснащенный более совершенной научной аппаратурой, позволившей провести исследования явлений в космическом пространстве и поведения живых существ в условиях межпланетных полетов, ранее недоступных для науки.

Запуск искусственных спутников Земли явился осуществлением дерзновенной мечты человечества и триумфом мировой науки и техники.

Миллионы людей во всех частях света восторженно приветствовали победу советской науки и техники.

Партия и правительство высоко оценили самоотверженный труд советских ученых, конструкторов, инженеров и рабочих, создавших и осуществивших запуск первых в мире искусственных спутников Земли.

За выдающиеся достижения в области науки и техники, позволившие создать и запустить искусственные спутники Земли, большой группе ведущих ученых, конструкторов и специалистов присуждены Ленинские премии.

Орденами Ленина и Трудового Красного Знамени награждены научно-исследовательские организации, участвовавшие в разработке спутников и в осуществлении их запусков.

За создание спутников, ракеты-носителя, наземных пусковых средств, измерительной и научной аппаратуры и запуск в Советском Союзе первых в мире искусственных спутников Земли группе ученых, конструкторов и рабочих присвоено звание Героя Социалистического Труда. Большое число специалистов, инженерно-технических работников и рабочих награждено орденами и медалями Советского Союза.

В ознаменование создания и запуска в Советском Союзе первого в мире искусственного спутника Земли принято решение соорудить в 1958 году обелиск в столице Советского Союза г. Москве.

(Газета «Правда» от 22 декабря 1957 г.)

ИСТОЧНИКИ

и использованная литература в книге «Искусственный спутник Земли»

1. Я. Л. Альперт, Ионосфера, журнал «Природа» № 1, 1956.

2. А. Благонравов, С победой, «Огонек» № 46, 1957.

3. К. А. Гильзин, От ракеты до космического корабля, Москва, Оборонгиз, 1954.

4. В. Л. Гинзбург, Экспериментальная проверка общей теории относительности и искусственные спутники Земли, журнал «Природа» № 9, 1956.

5. В. Гинзбург и Л. Курносова, Солнце, космические лучи и спутники, «Известия» 14 ноября 1957 г.

6. О. Горлов и В. Яковлев, На пути к завоеванию космического пространства (биологические исследования при полетах в верхние слои атмосферы), «Правда» 4 ноября 1957 г.

7. К. У. Гэтленд. Развитие управляемых снарядов, Москва, Издательство иностранной литературы, 1956.

8. С. Долгинов и Н. Пушков, Исследования магнитного поля Земли при помощи спутников, «Правда» 21 октября 1957 г.

9. А. Когозик и А. Кубанский, Как спутник информирует ученых, «Советская Россия» 15 ноября 1957 г.

10. А. Г. Карпенко, Проблемы космических полетов, Издательство «Знание», Москва, 1955.

11. А. Г. Карпенко, Первый шаг в Космос, «Известия» 9 июня 1957 г.

12. Н. В. Колобов, Строение высоких слоев атмосферы, Гостехиздат, 1948.

13. С. К. Митра, Верхняя атмосфера (перевод с английского), Москва, Издательство иностранной литературы, 1955, стр. 510—526.

14. А. Н. Несмеянов, Искусственный спутник Земли, «Правда» 1 июня 1957 г.

15. Г. Оберт, Пути осуществления космических полетов, сокращ. перевод 3-го немецкого издания, Москва, Оборонгиз, 1948.

16. В. П. Петров, Телевидение будущего (использование искусственного спутника Земли для всемирного телевизионного вещания), журнал «Радио» № 6, 1956.

17. В. Петров, Управляемые снаряды и ракеты, Москва, Издательство ДОСААФ, 1957.

18. В. Петров, Великая победа человеческого разума, «Ленинградская правда» 12—13 октября 1957 г.

19. В. Петров, Проблема возвращения искусственного спутника на Землю, «Ленинградская правда» 17 ноября 1957 г.

20. Ю. Победоносцев, Об искусственном спутнике Земли, «Вестник Воздушного Флота» № 9, 1955.
21. С. Полосков, Спутник и Солнце, «Советская Россия» 14 ноября 1957 г.
22. Д. Саттон, Ракетные двигатели, Москва, Издательство иностранной литературы, 1952.
23. Л. И. Седов, Проблемы космических полетов, «Правда» 12 июня 1957 г.
24. Р. А. Стасевич и П. К. Исаков, Скорости, ускорения, перегрузки, Москва, Военное издательство Министерства обороны Союза ССР, 1956.
25. К. П. Станюкович, О космических полетах, Москва, издательство «Молодая гвардия», 1956.
26. А. Топчиев, Великая победа советской науки, «Правда» 16 октября 1957 г.
27. Л. И. Седов, Важный шаг в развитии астронавтики, «Правда» 29 октября 1957 г.
28. К. Савельев, Как и почему движется искусственный спутник Земли? «Правда» 13 октября 1957 г.
29. Е. К. Федоров, В преддверии космического пространства, «Литературная газета» 8 июня 1957 г.
30. Е. К. Федоров, Спутник № 2, «Литературная газета» 5 ноября 1957 г.
31. В. И. Феодосьев и Г. Б. Синярев, Введение в ракетную технику, Москва, Оборонгиз, 1956.
32. В. Р. Фесенков, Проблемы астронавтики, журнал «Природа» № 6, 1955, стр. 11—18.
33. Н. С. Хрущев, Сорок лет Великой Октябрьской социалистической революции, Доклад на юбилейной сессии Верховного Совета СССР 6 ноября 1957, Госполитиздат, 1957.
34. Беседа Н. С. Хрущева с корреспондентом американского агентства Юнайтед Пресс Генри Шапиро, «Правда» 19 ноября 1957 г.
35. Ф. И. Честнов, Загадка ионосферы, Гостехиздат, научно-популярная библиотека, 1954.
36. Г. О. Фридлендер и В. П. Селезнев, Пилотажные манометрические приборы, компасы и автоштурманы § 4. «Астрономическая ориентировка», Москва, Оборонгиз, 1953, стр. 352—362.
37. К. Э. Циолковский, Исследование мировых пространств реактивными приборами, Калуга, 1926.
38. К. Э. Циолковский, Труды по ракетной технике, Оборонгиз, 1947.
39. Ф. А. Цандер, Проблема полета при помощи ракетных аппаратов, Оборонгиз, 1947.
40. К. Э. Циолковский, Собрание сочинений, том II. Ракетные летательные аппараты. Москва, Издательство АН СССР, 1954.
41. Штернфельд, Введение в космонавтику. ОНТИ НКТП СССР (перевод с французского языка с рукописи), 1937.
42. Б. С. Э., том 3, стр. 377—385, статья «Атмосфера».
43. Труды второго интернационального конгресса по астронавигации (на английском языке), Лондон, 1951.
44. «Вопросы ракетной техники» № 5, 1955.
45. «Вопросы ракетной техники» № 4, 1952.
46. «Вопросы ракетной техники» № 4, 1955.

47. «Вопросы ракетной техники» № 5, 1956.
48. «Вопросы ракетной техники» № 4, 1956.
49. «Вопросы ракетной техники» № 2, 1957.
50. «Вопросы ракетной техники» № 3, 1957.
51. «Вестник информации», Издательство «Советское радио», вып. 18, 1956.
52. Реферативный журнал «Астрономия и геодезия» № 4 и № 3, 1954.
53. Экспресс-информация АН СССР, серия «Ракетная техника», выпуск 34, № 96; выпуск 28 (РТ-83 и РТ-84); выпуск 30 (РТ-88); выпуск 31 (РТ-90); выпуск 39 (РТ-106); выпуск 33 (РТ-93 и РТ-94); выпуск 22 (РТ-71, РТ-93 и РТ-94); выпуск 41 (РТ-110); выпуск 22 (РТ-71, РТ-72, РТ-73); выпуск 16 (РТ-119).
54. «Jet Propulsion», XII, t. 5, № 12, 1955 (Джет Пропалшн), Реактивное движение.
55. «Journal of Aviation Medicine», 1952, t. 23, № 4, 1954, t. 25, № 23 (Джорнал оф авиэйшн медисин), Журнал авиационной медицины.
56. «American Journal of psychology», 1952, t. 168 (Америкэн Джорнал оф саиколоджи), Американский журнал по психологии.
57. «Journal of apploed physitology», 1952, t. 4 (Джорнал оф апланд физиолоджи), Журнал прикладной физиологии.
58. «Weltraumfahrt», 1952, № 1, 1953, № 2, 1955, IV, № 2 (Вельтраумфарт), Космический полет.
59. «Aeronautical Engineering Review», 1954, t. 13, № 1 (Аэронаутикл энжиниринг ривью), Аэронавигационное техническое обозрение.
60. A Clark, Exploration of Space, Нью-Йорк. 1951, Исследование космоса.
61. «Scientific American», 1955, XII, т. 93, № 6 (Сиентифик Америкен), Научная Америка.
62. «Aviation Weak», 1955, 19. XII, т. 63, № 25 (Авиэйшн уйк). Авиационный еженедельник.
63. «Rivista Aeronautica», 1955, XI, t. 31, № 11 (Ривиста Аэронаутика), Астронавигационное обозрение.
64. «Aero Digest», 1955, № 1 (Аэро даджест). Авиационное обозрение.
65. «Western Aviation», 1955, VIII, т. 71, № 2 (Вестерн авиэйшн). Западная авиация.
66. «Flying», 1956, т. 58, № 1 (Флаинг), Полет.
67. «Intervia», 1955, т. 10, № 6 (Интеравиа), Международная авиация.
68. «New Uork Gerald Tribune», 1955, 30/VII, t. 115, № 39703 (Нью-Йорк геральд трибюн).
69. «New Uork Times», 1955, 30/VII, 104, № 3516 (Нью-Йорк таймс).
70. «Mechanical Illustrated», 1949, 40, № 6 (Микеникл Иллюстрейтед), Иллюстрированная механика.
71. Ordance, 1953. III—IX, т. 37, 197 (Орднанс), Артиллерия.
72. H. G. Armstrong, Principles and Practice of Aviation Medicine. 1952.
73. Сообщения ТАСС о полете первых в мире советских искусственных спутников Земли.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Приложения

Виктор Павлович Петров
ИСКУССТВЕННЫЙ СПУТНИК ЗЕМЛИ

Редактор доцент кандидат технических наук инженер-подполковник *В. П. Селезнев*
Редактор издательства *Я. М. Кадер*
Художественный редактор *Г. В. Гречихо*
Обложка художника *С. А. Митрофанова*
Технический редактор *Н. П. Межерицкая*
Корректор *В. Я. Плотникова*

Сдано в набор 30.9.57 г. Подписано к печати 14.2.58 г.
Формат бумаги 84×108 1/32. 9 5/8 печ. л. = 15,785 усл. печ. л. 16,317 уч.-изд. л.
Г-41202.

Военное издательство Министерства обороны Союза ССР
Москва, К-9, Тверской бульвар, 18.
Изд. № 1/8971. Зак. 619.

1-я типография имени С. К. Тимошенко
Военного издательства Министерства обороны Союза ССР
Москва, К-6, проезд Скворцова-Степанова, дом 3

Цена 5 р. 90 к.

Цена 5 р. 90 к.